مساعد الطالب في

الكيمياء



السادس العلمي الفرع الاحيائي

اعداد الاستاذ : رحيم عبد جواد الاعاجيبي

هذا العمل خاص وحصري لرحلة التفوق في السادس
يمكنكم متابعتنا على مواقع التواصل الأجتماعي

رحلة التفوق في السادس
رحلة التفوق في السادس
@rt_edu
@A_M_Z_F

Des : Mostafa kh

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص) : ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الاعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لاكفأ التدريسيين بالاضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الارشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

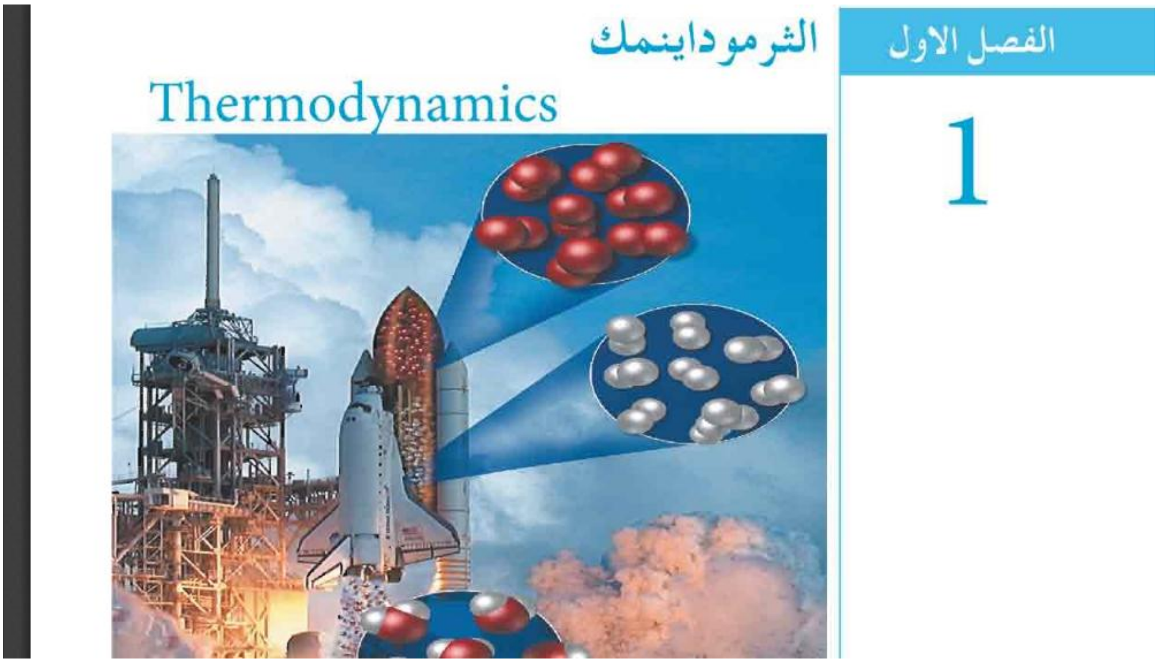
علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالاضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لاي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد



الكيمياء للصف السادس

الفصل الأول الثرموداينمك

تعاريف – تعاليل – فروقات – قوانين – حلول بعض الأمثلة والتمرينات وأسئلة الكتاب

اعداد الأستاذ

رحيم عبد جواد الأعاجيبي

رقم الهاتف 07804010634

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود
A .M. Z

ما هو علم الثرموداينمك :-
يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل اكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى انواع اخرى من الطاقات مثل الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات

ماذا يفسر علم الثرموداينمك :-
1- سبب حدوث التفاعلات الكيميائية
2 - التنبؤ بحدوث التغيرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة او اكثر تحت ظروف معينة
3- حدوث بعض التفاعلات تلقائياً واخرى لا تحدث ابداً بشكل تلقائي عند نفس الظروف
4- سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية سواء في التفاعلات نفسها او في وسط المحيط بها

ويمكن تقسيم الطاقة بشكل عام الى قسمين رئيسين هما :
1- الطاقة الكامنة وهي تشمل الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع انواع المواد وجميع انواع الوقود
2- الطاقة الحركية هي تشمل طاقة جميع الاجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك والسيارات والطائرات والصواريخ

ما هو نص القانون الأول في علم الثرموداينمك:
الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل الى آخر

ما هي وحدات الطاقة مع التعريف :

هي الجول هو وحدة قياس الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات Sl ويعبر عنه $1J = 1Kg.\frac{m^2}{S^2}$ حيث ان Kg

هي وحدة الكيلو غرام و m وحدة المتر و S وحدة الثانية

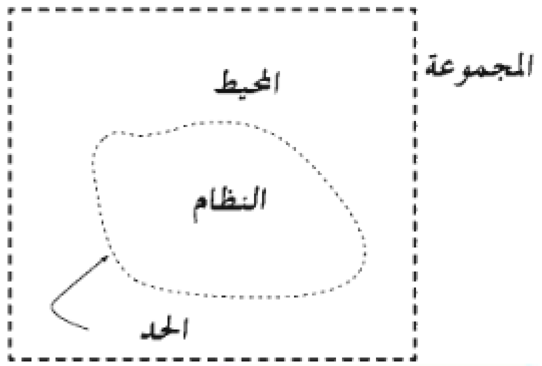
كيف تحسب الطاقة الحركية ودرجة الحرارة ؟
الطاقة الحركية KE تعرف بانها تساوي حاصل ضرب نصف في الكتلة في مربع السرعة

من العلاقة الاتية : $KE = \frac{1}{2}m.V^2$ حيث ان m تعني الكتلة و V هي السرعة وان وحدات السرعة

هي المتر على الثانية ($\frac{m}{s}$) اما درجة الحرارة الكلفن ، السيليزية C^0 وهي وحدات درجة الحرارة

في الثرموداينمك تستخدم الكلفن التي يمكن الحصول عليها من العلاقة التالية $T(K) = t(C^0) + 273$

من اهم المصطلحات الثرموداينمكية هو النظام هو عبارة عن جزء معين من الكون (نهتم بدراسته) يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة قد تكون حقيقية او تخيلية اما ما تبقى خارج هذه الحدود فيسمى بالمحيط ويسمى النظام والمحيط بالكون
المجموعة الكون = النظام + المحيط هو ما موجود خارج حدود النظام الثرموداينمك



ما هي اقسام النظام الثرموداينمك؟

1- النظام المفتوح هو النظام الذي يسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مع المحيط مثل ماء مغلي في اناء معدني بدون غطاء

2- النظام المغلق هو النظام الذي يسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير كمية مادة النظام مثل ماء مغلي في اناء معدني مغلق تتسرب الطاقة وتبقى كمية الماء دون تغير

3- النظام المعزول هو النظام الذي لا يسمح بتبادل المادة والطاقة مع المحيط اي النظام لا يتأثر مثل الثرموس

ما المقصود بالحرارة ودرجة الحرارة؟

الحرارة هي شكل من اشكال انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين درجة حرارتهما مختلفة ويرمز لها بالرمز q

اما درجة الحرارة فهي مقياس للطاقة الحرارية ،من جراء انتقالها من جسم الى اخر مختلفين في درجة الحرارتهما

ما العلاقة بين الحرارة المفقودة والمكتسبة مع التغير في درجات الحرارة مع ذكر القانون

العلاقة هي طردية والقانون هو $\Delta T = T_F - T_i$ حيث ان (T_F) تمثل درجة الحرارة النهائية و T_i تمثل درجة الحرارة الابتدائية

س اشتق العلاقة التي يمكن من خلالها نحسب كمية الحرارة ؟

تتناسب كمية الحرارة طردياً مع التغير بالحرارة $q \alpha \Delta T$ --1 نحول التناسب الى مساواة ونضرب التغير بالحرارة بثابت تناسب (السعة الحرارية C) $q = C.\Delta T$----------2 وبما ان السعة الحرارية تساوي الحرارة النوعية في الكتلة $C = \varsigma \times m$---------3 وبالتعويض في معادلة 2 نحصل العلاقة المطلوبة

$$q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times \Delta T(C^0)$$

عرف كل من السعة الحرارية والحرارة النوعية مع ذكر وحداتها ؟

السعة الحرارية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة m مقدار بالغرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحداتها (J/C^0)

الحرارة النوعية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد مقدار بالغرام من اي مادة ووحداتها $(J/g.C^0)$

كيف يتم حساب كمية الحرارة ؟

1- نحسب التغير بالحرارة $\Delta T = T_F - T_i$ -2 $q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times \Delta T(C^0)$

3- وعند التحويل من جول الى كيلو جول نستخدم $q(KJ) = q(\cancel{J}) \times \frac{1KJ}{1000(\cancel{J})} = q(KJ)$ تقسم على الف

وعند التحويل من K_J الى J تضرب في 1000 وبالعكس تقسم على 1000 لتحويلها من جول الى الكيلو جول

تمرين (1-1) تغيرت درجة حرارة قطعة من المغنيسيوم كتلتها 10g من $25C^0$الى $45C^0$ مع اكتساب حرارة مقدارها (J) 205 احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنيسيوم الاجابة:-

$$\Delta T = T_F - T_i \Rightarrow \Delta T = 45C^0 - 25C^0 = 20C^0$$

$$q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times \Delta T(C^0)$$

$$205(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times 10g \times 20C^0 \Rightarrow$$

$$ς(J/g.C^0) = \frac{205(J)}{200(g.C^0)} = 1.03(J/g.C^0)$$

س عرف حرارة التفاعل (التغير بالانثالبي)هي دالة ثرموداينمكية وخاصية شاملة وهي تمثل كمية الحرارة الممتصة او المنبعثة المقاسة بثبوت الضغط ويرمز لها H وللتغير ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها ΔH وتكون $\Delta H = q_p$ حيث ان q_p الحرارة المقاسة عند ضغط ثابت

س ماذا تخبرنا قيم الانثالبي التفاعل ΔH_r ؟
تخبرنا ان التفاعل باعث للحرارة او ماص للحرارة $\Delta H_r < 0$ اصغر من الصفر تكون قيم ΔH_r سالبة (- = ΔH_r)يكون التفاعل باعث
اما اذا $\Delta H_r > 0$ اي قيم ΔH_r موجبة (+ = ΔH_r)يكون التفاعل ماصاً للحرارة
ويمكن حساب ΔH_r من العلاقة الاتية : $\Delta H_r = \Delta H_{(products)} - \Delta H_{(Reac\ tants)}$

س عرف دالة الحالة :- هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير ، والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير مثل الانثالبي و الانتروبي والطاقة الحرة
دالة المسار / هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على المسار او الخطوات التي مر خلالها التغير ولا تعتمد على الحالة الابتدائية والنهائية مثل الحرارة والشغل

س علل ان الحرارة والشغل لا تعتبر دوال حالة ؟لأنها تعتمد على المسار او الخطوات التي مر خلالها التغيير لذا لا تعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية للنظام فقط

س ماهي الخواص العامة للمواد ؟
1- الخواص الشاملة وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة والحجم والسعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة
2- الخواص المركزة وتشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط ودرجة الحرارة والكثافة والحرارة النوعية
س علل تعتبر الانثالبي والانتروبي دال حالة لأنها تعتمد على كمية المادة وتعتبر دالة حالة لأنها تعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية
بغض النظر عن المسار او الطريق الذي حدث فيه التغير
س علل تعتبر الانثالبي دالة حالة وهي خاصية شاملة ؟
لأنها تعتمد على كمية المادة وتعتبر دالة حالة لأنها تعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية
بغض النظر عن المسار او الطريق الذي حدث فيه التغير
س علل تعتبر الانثالبي خاصية شاملة ؟ الاجابة لأنها تعتمد على كمية المادة تتغير بتغير عدد المولات المشاركة في التفاعل فان انثالبي 2mole هي ضعف 1mole

---

الكيمياء الحرارية :- علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية اي تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية وتكون على نوعين من التفاعلات

التفاعل الباعث للحرارة هو التفاعل الذي يحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط وتكون قيم $\Delta H = -$ كما في التفاعل الكيميائي والتغيير الفيزيائي

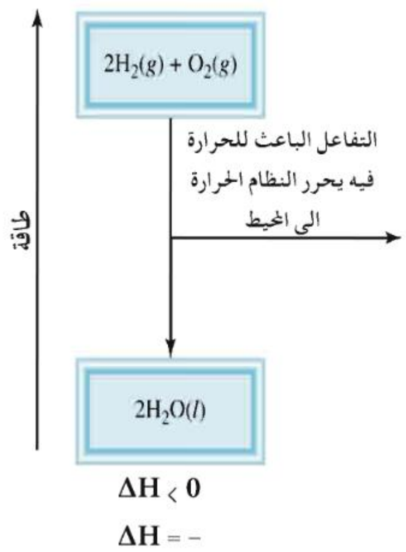
تفاعل كيميائي $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + Energy$

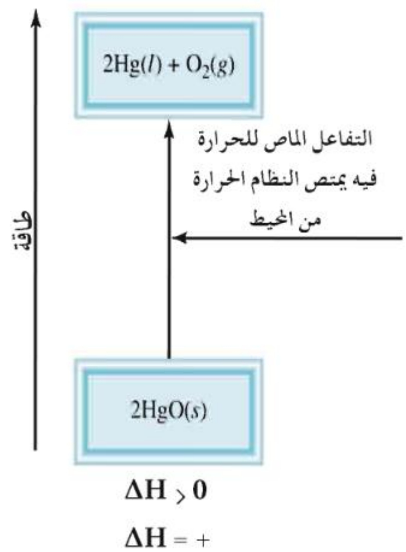
والتغيير الفيزيائي $H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + Energy$

اما التفاعل الماص/ هو التفاعل الذي يمتص النظام الطاقة الحرارية من المحيط الى النظام وتكون قيمها $\Delta H = +$

تفاعل كيميائي $2HgO_{(s)} + Energy \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

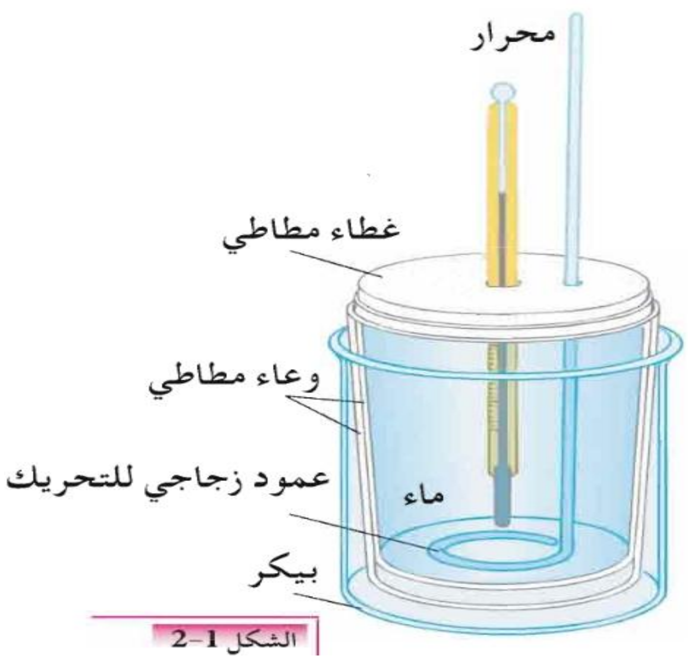
تغير فيزيائي $H_2O_{(s)} + Energy \rightarrow H_2O_{(l)}$





المسعر هو جهاز يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي تحت ضغط ثابت ويتكون من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء معروفة الكتلة موجودة في وعاء معزول عزلاً جيداً .

س وضح بالرسم المسعر والفائدة منه ؟



الشكل 2-1

قياس كمية حرارة التفاعل من الزيادة في درجة الحرارة الماء والمسعر $\Delta H = q_p$

س كيف يتم حساب كمية الحرارة باستخدام المسعر الحراري ؟
نفس الخطوات السابقة ونكمل الحل نجعل كمية الحرارة المتحررة بالقيمة السالبة
ونستخرج عدد المولات من $n(mole) = \dfrac{m(g)}{M(g/mole)}$ ثم نقسم كمية الحرارة المتحررة على عدد المولات المستخرجة وتصبح ووحداتها جول على مول كما في التمرين ادناه:

تمرين (1-2) اذا تم حرق 3g من مركب الهيدرازين N_2H_4 كتله المولية تساوي 32g/mole في مسعر مفتوح يحتوي على 1000g من الماء الحرارة النوعية للماء $4.2\ J/g.C^0$ فان درجة الحرارة ترتفع من $24.6C^0$ الى $28.2C^0$ احسب الحرارة المتحررة نتيجة الاحتراق والانثالبي لاحتراق 1mole من الهيدرازين بوحدة KJ/ mole على افتراض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة **الاجابة:-**

$$\Delta T = T_F - T_i \Rightarrow \Delta T = 28.2 - 24.6 = 3.6C^0$$

$$q = \varsigma.m.\Delta T \Rightarrow q(J) = 4.2(J/g.C^0) \times 1000g \times 3.6C^0$$

$$q(J) = 4.2(J) \times 3600 \Rightarrow q(J) = 15120(J)$$

بما ان نريد حساب كمية الحرارة المتحررة فان هذه الكمية من الحرارة يجب ان تكون سالبة اي تساوي (J)15120- ثم نقسمها على عدد المولات التي تساوي :

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} = \frac{3(g)}{32(g/mole)} = 0.094(mole)$$

$$q_P = \frac{-q}{n(mole)} \Rightarrow q_P = \frac{-15120(J)}{0.094(mole)} = -160851(J/mole)$$

$$\Delta H = q_P \Rightarrow \Delta H = -160851(J/mole)$$

نحول وحدة الانثالبي من J/mol الى KJ نقسمها على 1000 وحسب الاتي :

$$\Delta H(KJ/mol) = \Delta H(J/mol) \times \frac{1KJ}{1000(L)}$$

$$\Delta H(KJ/mol) = -160851(J/mol) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = -161\left(\frac{KJ}{mol}\right)$$

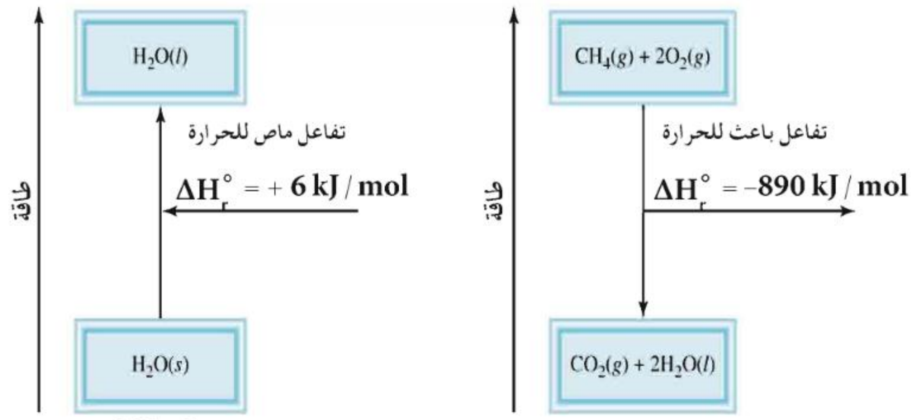
المعادلة الكيميائية الحرارية :- هي معادلة كيميائية موزونة تعبر عن التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية وتختلف عن المعادلات الاخرى والتي تبين التفاعلات الماصة والباعثة

س ماذا تبين المعادلة الكيميائية ؟
1- اشارة انثالبي التفاعل او التغير الفيزيائي $\Delta H = +$ تفاعل ماص او $\Delta H = -$ تفاعل باعث للحرارة
مثل تفاعل تحول المادة الصلبة الى سائلة (الانصهار) $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ يمتص حرارة مقدارها $\Delta H = 6KJ/mol$ ويمكن ان تكتب المعادلة اعلاه $H_2O_{(s)} + 6KJ/mol \rightarrow H_2O_{(l)}$

تكتب الطاقة الممتصة مع المواد المتفاعلة المواد الناتجة عند الرسم تكون في الاعلى والمتفاعلة في الاسفل **.:التفاعل الباعث للحرارة يكتب حرارة التفاعل المنبعثة $\Delta H = -$ مع المواد الناتجة**

مثل $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \Delta H = -890KJ/mol$

او $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890KJ/mol$ تفاعل باعث للحرارة



تفاعل ماص للحرارة $\Delta H > 0$ $\Delta H = +$

تفاعل باعث للحرارة $\Delta H < 0$ $\Delta H = -$

2- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والناتجة منه وتستعمل عادة حروف هي S الصلبة و(I) تعني السائلة و g تعني غاز و aq تعني المحلول المائي

3- اذا تم عكس التفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي فان اشارة انثالبي التفاعل تتغير من الموجب الى السالب مثل

1) $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} \Delta H = 6KJ/mol$

2) $H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(s)} \Delta H = -6KJ/mol$

4-عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي معين يجب ان تجري نفس العملية على ΔH

مثل $H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(L)} \Delta H = 6KJ/mol$ تضرب في 2 تصبح الشكل التالي :

$2H_2O_{(s)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \Delta H = 12KJ/mol$

س علل يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والناتجة منه؟

السبب في ذلك لان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل مثال على ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^0_r = -286KJ/mole$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^0_r = -242KJ/mole$$

انثالبي التفاعل القياسية $\Delta^0 H_r$:-

وهي القيمة التي يتم قياسها عند الظروف القياسية عند درجة الحرارة $25C^0$(298K) وضغط 1atm

---

س ما هي انواع الانثالبيات؟

1- انثالبي التكوين القياسية 2- انثالبي الاحتراق القياسية 3- انثالبي التغيرات الفيزيائية

1- انثالبي التكوين القياسية :-تعرف بانها الحرارة اللازمة (ممتصة او منبعثة) لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة بأثبت صورها في الظروف القياسية $25C^0$ وضغط1atm

ويرمز لها $\Delta^0 H_F$ قانون حسابها $\Delta H_F{}^0 = \frac{\Delta H^0{}_r}{n(mol)}$ وحداتها $(KJ\ /mol)$

س ما هي شروط الانثالبي التكوين القياسية $\Delta^0 H_F$؟ 1- يجب ان تكون من مول واحد وان لم نقسمها على عدد المولات 2- وتتكون المادة من عناصرها الاساسية بأثبت صورها 3- في الظروف القياسية $25C^0$ وضغط1atm

س ما هي الشروط التي تحقق تساوي $\Delta^0 H_F = \Delta^0 H_r$ ؟

1- تكون من مول واحد من المادة الناتجة 2- وتتكون المادة من عناصرها الاساسية بأثبت صورها

3- في الظروف القياسية $25C^0$ وضغط1atm

س الغاية من وجود الكسور في معادلة الحرارية ؟ هو الحصول على مول واحد من المادة المتكونة او المحترقة

مثال هل ان المعادلة الكيميائية تمثل معادلة التكوين وهل يمكن جعلها معادلة تكوين ؟

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)} \quad \Delta^0 H_r = -72KJ$$

لا تمثل معادلة تكوين لان المادة الناتجة HBr تتكون من مولين ويمكن ان نضرب طرفي المعادلة

$\frac{1}{2}$ نحصل على مول واحد HBr من عناصرها الاساسية وبأثبت صورها فانثالبي التكوين القياسية

للمركب HBrتساوي $\Delta H^0{}_f(HBr) = \frac{1}{2}\Delta H^0{}_r = \frac{-72}{2} KJ/mol \Rightarrow \Delta H^0{}_F(HBr) = -36KJ/mol$

تصبح معادلة التكوين $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightarrow HBr_{(g)} \quad \Delta H_r{}^0 = -36KJ/mol$

تمرين (1-3)اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك $\Delta H^0{}_F(H_2SO_4) = -811KJ\ /mol$

اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta H^0{}_r = \Delta H^0{}_F(H_2SO\,4)$

الاجابة:- كتابة معادلة حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك ومن عناصره الاساسية وبأثبت صورها

$$H_{2(g)} + S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \rightarrow H_2SO_4$$

لمول واحد من الحامض

$$\Delta H^0{}_{F(H_2SO_4)} = -811(KJ/mol)$$

تمرين (1-4) احسب $\Delta H^0{}_r$ للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين HF تساوي

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} \quad \Delta H^0{}_f(HF) = -271KJ/mol$$

الاجابة :-

$$\Delta H^0{}_F(HF_{(g)}) = \frac{\Delta H^0{}_r}{n(mol)} \Rightarrow -271(KJ/mol) = \frac{\Delta H^0{}_r}{2(mol)}$$

$$\Delta H^0{}_r = -271(KJ/\cancel{mol}) \times 2(\cancel{mol}) = -542(KJ)$$

تمرين (1-5) احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل الاتي: $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0{}_r = ?KJ$

اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لأوكسيد الالمنيوم $\Delta H^0{}_f(Al_2O_3) = -1670KJ\ /mol$

الاجابة:- $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0{}_r = ?KJ$

$$\Delta H^0_f\left(Al_2O_3\right)=\frac{\Delta H^0_r}{n(mol)}\Rightarrow -1670(KJ/mol)=\frac{\Delta H^0_r}{2(mol)}$$

$$\Delta H^0_r=-1670KJ\times 2=-3340(KJ)$$

2- انثالبي الاحتراق القياسية:- وتعرف بانها الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من اي مادة حرقاً تاماً مع الاوكسجين عند الظروف القياسية من درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1 atm ويرمز لها ΔH^0_C وحداتها هي KJ/mol ويمكن حسابها من $\Delta H^0_r=\Delta H^0_C\times n(mol)$

عند حرق العناصر مع الاوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها اما عند حرق المواد العضوية فينتج $CO_{2(g)}+H_2O_{(l)}+$ حرارة منبعثة

س ما الشرط الاساسي لتساوي $\Delta H^0_r=\Delta H^0_C$ ؟

1- حرق مول واحد من المادة مع كمية وافية من الاوكسجين 2- وعند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm

---

س ما شروط تحقق معادلة الاحتراق ؟ ΔH^0_C

1- حرق مول واحد من اي مادة 2- وعند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm
3- حرق تام بكمية وافرة من الاوكسجين 4- تكون باعث للحرارة دائماً
5- تكون المادة المحترقة في المتفاعلات

تمرين (1-6) اكتب معادلة احتراق غاز البروبان C_3H_8 اذا علمت ان

$$\Delta H^0_C\left(C_3H_8\right)=-2219KJ/mol$$

الاجابة :- $C_3H_{8(g)}+5O_{2(g)}\xrightarrow{\Delta}3CO_{2(g)}+4H_2O_{(l)}\quad \Delta H^0_C=-2219KJ/mol$

3- انثالبي التغيرات الفيزيائية:- وهي تمثل حالات المادة التي تتغير من طور الى طور آخر وتكون على انواع هي 1- انثالبي التبخر ΔH_{VaP} 2– انثالبي التكثيف ΔH_{cond} عكس التبخر
3– انثالبي الانصهار ΔH_{fus} 4- انثالبي الانجماد او التبلور ΔH_{cryst} (عكس الانصهار)

1- انثالبي التبخر:- وهي الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة وتكون ماصة للحرارة
2– انثالبي التكثيف وهي تحول المادة من حالة التبخر الى حالة سائلة وتكون عكس التبخر مثل

$H_2O_{(l)}\xrightarrow{\Delta H_{VaP}}H_2O_{(g)}\quad \Delta H_{VaP}=44KJ/mol$ يكون التحول ماص للحرارة

$H_2O_{(g)}\xrightarrow{\Delta H_{cond}}H_2O_{(l)}\quad \Delta H_{cond}=-44KJ/mol$ يكون التحول باعث للحرارة

3– انثالبي الانصهار :- وهي الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من اي مادة صلبة وتحولها الى الطور السائل
4- انثالبي الانجماد او التبلور:- وهي تحول المادة السائلة الى المادة الصلبة ولانجماد مول واحد من المادة

مثل $H_2O_{(s)}\xrightarrow{\Delta H_{fus}}H_2O_{(l)}\quad \Delta H_{fus}=6KJ/mol$ تفاعل ماص للحرارة

$H_2O_{(l)}\xrightarrow{\Delta H_{Cryst}}H_2O_{(s)}\quad \Delta H_{Cryst}=-6KJ/mol$ تفاعل باعث للحرارة ويمكن تلخيص اعلاه :

$\Delta H_{VaP}=-\Delta H_{cond}$ و $\Delta H_{fus}=-\Delta H_{cryst}$

تمرين(7-1) اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليكCH_3COOH الثلجي 5.11KJ/mol احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض الاجابة:-

$$CH_3COOH_{(S)} \xrightarrow{\text{fusion}} CH_3COOH_{(l)} \Delta H_{fus} = 5.11KJ/mol$$

$$CH_3COOH_{(l)} \xrightarrow{\text{Cryst}} CH_3COOH_{(s)} \Delta H_{Cryst} = -5.11KJ/mol$$

$$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{Cryst} = -5.11KJ/mol$$

قانون هيس لحساب انثالبي التفاعل القياسية :- عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او سلسلة من الخطوات

س هنالك العديد من المركبات الكيميائية لا يمكن تصنيعها بشكل مباشر من عناصرها اي قياس ΔH^0_r لأسباب عديدة

1- ان التفاعل قد يسير ببطء شديد 2- قد تكون مركبات جانبية غير مرغوبة لذا يتم اللجوء الى قياس ΔH^0_r بطريقة غير مباشرة وتعتمد على قانون هيس

مثال احسب حرارة التفاعل ΔH^0_r للتفاعل الاتي :-

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \Delta H^0_r = ?$$

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية:

$$(1) C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \Delta H^0_r = -393.5KJ/mol$$

$$(2) C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \Delta H^0_r = -283KJ/mol$$

نلاحظ من حيث الموقع وعدد المولات في المعادلة الاساسية والمعادلات نلاحظ ان المعادلة رقم 2 يمكن قلبها وتصبح رقم 3 ثم نجمعها مع المعادلة رقم 1

$$(3)\ CO_{2(g)} \rightarrow C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \Delta H^o_r = +283KJ/mol$$

ثم نجمعها مع المعادلة رقم 1

$$(1) C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow \cancel{CO_{2(g)}} \Delta H^0_r = -393.5KJ/mol$$

$$(3) \cancel{CO_{2(g)}} \rightarrow C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \Delta H^o_r = +283KJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \Delta H^0_r = -110.5KJ/mol$$

وهذا المعادلة هي نفسها معادلة تفاعل الكاربون C مع الاوكسجين O_2 لتكوين غاز CO المراد ايجاد ΔH^0_r وهذا يعني ان التفاعل يبعث حرارة مقدارها -110.5KJ/mol

---

تمرين (8-1) احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين C_2H_2 من عناصره الاساسية للتفاعل الاتي :-

$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{2(g)} \Delta H^0_f = ?KJ$$

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية :

$$(1) C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \Delta H^0_r = -394KJ/mol$$

$$(2)H_{2(g)}+\frac{1}{2}O_{2(g)}\rightarrow H_2O_{(l)}\Delta H^0_r=-286KJ/mol$$

$$(3)2C_2H_{2(g)}+5O_{2(g)}\rightarrow 4CO_{2(g)}+2H_2O_{(l)}\Delta H^0_r=-2599KJ/mol$$

الاجابة:- نلاحظ ان الكاربون يتكون من مولين يجب ضرب المعادلة رقم 1 في 2 وكذلك ان مول واحد من الاستيلين في المعادلة الاساسية بينما يتكون الاستيلين من مولين في المعادلة رقم 3 وفي المواد المتفاعلة يجب قلب المعادلة بعد تقسيمها على 2 لغرض تساوي المولات وتصبح المعادلات بالشكل التالي ثم جمعها

$$(4)2C_{(graphite)}+2O_{2(g)}\rightarrow 2CO_{2(g)}\Delta H^0_r=-788KJ/mol$$

$$(5)H_{2(g)}+\frac{1}{2}O_{2(g)}\rightarrow H_2O_{(l)}\Delta H^0_r=-286KJ/mol$$

$$(6)2CO_{2(g)}+H_2O_{(l)}\rightarrow C_2H_{2(g)}+\frac{5}{2}O_{2(g)}\Delta H^0_r=+1299.5KJ/mol$$

بالجمع المعادلات 4 و 5 و 6 بالشكل التالي:

$$(4)2C_{(graphite)}+2\not{O}_{2(g)}\rightarrow 2\not{CO}_{2(g)}\Delta H^0_r=-788KJ/mol$$

$$(5)H_{2(g)}+\not{\frac{1}{2}O_{2(g)}}\rightarrow \not{H_2O_{(l)}}\Delta H^0_r=-286KJ/mol$$

$$(6)\not{2CO_{2(g)}}+\not{H_2O_{(l)}}\rightarrow C_2H_{2(g)}+\not{\frac{5}{2}O_{2(g)}}\Delta H^0_r=+1299.5KJ/mol$$

$$2C_{(graphite)}+H_{2(g)}\rightarrow C_2H_{2(g)}\Delta H^0_f=225.5KJ/mol$$

طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل ΔH^0_r من القانون التالي:

$$\Delta H^0_r=\sum n\Delta H^0_f(products)-\sum n\Delta H^0_f(Reactants)$$

حيث ان n تمثل عدد المولات للمواد المتفاعلة(R) والناتجة(P) و $\sum$ تعني المجموع

ΔH^0_f تساوي صفر للعناصر بأثبت صورها

تمرين(1-9) يحترق البنزين C_6H_6 في الهواء ليعطي ثنائي اوكسيد الكاربون الغاز والماء السائل

احسب ΔH^0_r لهذا التفاعل اذا علمت ان : $\Delta H^0_f(C_6H_6)$ = 49KJ/mol

$\Delta H^0_f(H_2O)$ = -286KJ/mol و $\Delta H^0_f(CO_2)$ = - 394 KJ / mol

الاجابة:- تكتب معادلة الاحتراق للبنزين بالشكل التالي:

$$C_6H_6+\frac{15}{2}O_2\rightarrow 6CO_{2(g)}+3H_2O_{(l)}\Delta H^0_r=?KJ/mol$$

$$\Delta H^0_f\;=\;49KJ/mol\qquad 0\qquad -394KJ/mol\qquad -286KJ/mol$$

$$\Delta H^0_r=\sum n\Delta H^0_F(products)-\sum n\Delta H^0_F(Reactants)$$

$$\Delta H^0_r=\left[6(-394)+3(-286)\right]-\left[49+\frac{15}{2}O_2\right]$$

$$\Delta H^0_r=(-2364-858)-(49+0)\Rightarrow\Delta H^0_r=-3222-49=-3271(KJ/mol)$$

العملية التلقائية :- تعرف بانها اي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي ومن الامثلة سقوط الماء من اعلى الشلال وانتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد وغيرها

س ما هو سبب حدوث العمليات التلقائية ؟
ان جميع العمليات التلقائية يرافقها انخفاض في طاقة النظام الكلية (طاقة اقل تعني اكثر استقراراً) اي ان الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام وهذا يوضح سبب سقوط الماء من اعلى الشلال وانتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد ومن العمليات التي تحدث تلقائياً:-
1- ذوبان السكر تلقائياً في كوب القهوة 2- انجماد الماء تحت $0C^0$ 3- صدأ الحديد بتوفر الاوكسجين والرطوبة
4- تفاعل الصوديوم Na بشدة مع الماء H_2O مكوناً NaOH وغاز H_2 5- الاحتراق
6- تفاعل الحامض مع القاعدة

س هل ان افتراض كل تفاعل تلقائي يقودنا للقول ان يكون باعثاً للحرارة ؟
لا يمكن هذا الافتراض وذلك لسبب بسيط جداً هو ان هنالك بعض التغيرات الفيزيائية والكيميائية تكون ماصة للحرارة وتحدث تلقائياً مثل ذوبان كلوريد الامونيوم بالماء يحدث تلقائياً وهو عملية ماصة للحرارة $NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_4{}^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \quad \Delta H^0{}_r = +14KJ$

الانتروبي :- هي دالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة اللاأنتظام للنظام ويرمز لها S ويمكن ان تقاس من خلال التغير الحاصل في الانتروبي $\Delta S = S_f - S_i$ ووحداتها هي $J / K.mol$

س ماهي التغيرات الفيزيائية التي تؤدي الى زيادة بالانتروبي (Δ S +)؟
1- عملية انصهار المادة الصلبة الى سائلة 2- عملية تبخر المادة السائلة وتحولها الى مادة غازية
3- عملية تسامي المادة الصلبة وتحولها الى المادة الغازية 4- ذوبان الصلب بالماء

س ماهي التغيرات الفيزيائية التي تؤدي الى نقصان بالانتروبي Δ S -)؟
1- عملية التكثيف اي تحول الغاز الى سائل 2- عملية الانجماد اي تحول السائل الى صلب
3- ذوبان الغاز في السائل 4- تبلور المادة الصلبة في محلولها

س ماهي التغيرات الكيميائية التي تؤدي الى زيادة بالانتروبي (Δ S +)؟
1- تكون مولات النواتج اكبر من مولات المتفاعلات مثل $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$
2- تفكك او تحلل المادة او المواد $2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

س ماهي التغيرات الكيميائية التي تؤدي الى نقصان بالانتروبي Δ S -)؟
1- عدد مولات المتفاعلات >من عدد مولات النواتج الانتقال من اللاانتظام الى انتظام 2- تكون المواد

$\Delta S_{(g)} > \Delta S_{(l)} > \Delta S_{(s)}$

س علل عند التسخين تزداد الانتروبي ؟
بسبب زيادة الحركة الدورانية والاهتزازية وجميع انواع الطاقات للجزيئة مما يؤدي الى زيادة عشوائية النظام

س تقود العمليات التي تجري في المحلول دائماً الى زيادة في الانتروبي ؟
لان عند ذوبان المذاب(السكر) في الماء يتكسر النظام الهيكلي المنتظم للمذاب وكذلك جزء من الانتظام الهيكلي للماء (المذيب) وعليه يكون المحلول لا انتظام اكثر مما للمذيب النقي معاً اي عملية تكون المحلول (المذاب + المذيب) وعملية تفكك المركب الصلب الى ايونات

تمرين (1-10) كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات الاتية : 1- تكثيف بخار الماء 2- تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع 3- تسخين غاز H_2 من $20C^0$ الى $80C^0$ 4- تسامي اليود الصلب

الاجابة:- 1- نقصان في الانتروبي $H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

2- نقصان بالانتروبي $C_6H_{12}O_{6(aq)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(S)}$

3- زيادة بالانتروبي $H_{2(g)} \xrightarrow{20-80C^0}$

4- زيادة بالانتروبي $I_{2(S)} \xrightarrow{\text{تسامي}} I_{2(g)}$

ويمكن حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية ΔS^0_r من معرفة الانتروبي للمواد S^0 من القانون التالي: $\Delta S^0_r = \sum nS^0(products) - \sum nS^0(Reactants)$

تمرين (1-11) احسب التغير في الانتروبي المطلقة ΔS^0_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm $4Fe_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$ اذا علمت ان

$$S^0(Fe_2O_3) = 87(J/K.mol), S^0(O_2) = 205(J/K.mol), S^0(Fe) = 27(J/K.mol)$$

الاجابة:-

$$4Fe_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$$

$$S^0 = 27J/K.mol \quad 205J/K.mol \quad 87J/K.mol$$

$$\Delta S^0_r = \sum nS^0(products) - \sum nS^0(Reactants)$$

$$\Delta S^0_r = [2\times 87] - [4(27) + 3(205)] \Rightarrow \Delta S^0_r = 174 - (108 + 615)$$

$$\Delta S^0_r = 174 - 723 = -549(J/K.mol)$$

طاقة كبس الحرة :- وهي دالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية العمليات الفيزيائية او الكيميائية والتي تصف الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس ΔH , ΔS بثبوت درجة الحرارة والضغط ويرمز لها بالرمز ΔG ووحداتها ($\frac{KJ}{mol}$) كيلو جول على مول

س ما العلاقة التي تربط بين الانثالبي والانتروبي ومن خلالها يمكن التنبؤ بتلقائية التفاعل ؟

الاجابة:- ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$)

س ماذا تدل اشارة ΔG طاقة كبس الحرة ؟

1- اذا كانت قيمة ΔG سالبة اي $\Delta G < 0$ هذا ان التفاعل او التغير الفيزيائي يجري تلقائياً

2- اذا كانت قيمة ΔG موجبة اي $\Delta G > 0$ هذا ان التفاعل او التغير الفيزيائي غير تلقائي

3- اذا كانت قيمة ΔG تساوي صفراي $\Delta G = 0$ هذا ان التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة اتزان

طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل :- بانها التغير في قيمة الطاقة الحرة للتفاعل عندما يجري في الظروف القياسية للتفاعل ($25C^0$ وضغط 1 atm) ويرمز لها ΔG^0_r

ويمكن حسابها من خلال قيم طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية والتي يرمز لها ΔG^0_f من القانون التالي : $\Delta G^0_r = \sum n\Delta G^0_f(products) - \sum n\Delta G^0_f(Reactants)$

ΔG^0_f تعرف بانها مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية وبأثبت صورها عند الظروف القياسية ($25C^0$ وضغط 1 atm) وتكون قيمها لجميع العناصر تساوي صفر حالها حال انثالبي التفاعل القياسية

تمرين (12-1) جد قيمة ΔG^0_r **للتفاعل التالي عند الظروف القياسية وبين هل التفاعل يحدث تلقائياً ام لا يحدث ؟** $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ **اذا علمت ان :**

$$\Delta G^0_f(NO) = 87KJ/mol, \Delta G^0_f(NO_2) = 52KJ/mol$$

الاجابة :- $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

$$\Delta G^0_f = 87KJ/mol \qquad 0 \qquad 52L/mol$$

$$\Delta G^0_r = \sum n\Delta G^0_f(products) - \sum n\Delta G^0_f(Reactants)$$

التفاعل تلقائي $\therefore \Delta G^0_r = [2\times 52] - [2\times 87] \Rightarrow \Delta G^0_r = 104 - 174$

$$\Delta G^0_r = -70(JK/mol)$$

س طاقة كبس ذات علاقة وثيقة بالتغيرات التي تحدث في خواص النظام ؟

لأنها تعطينا التغيرات التي تحصل بالانثالبي والانتروبي ومنها يمكن التنبؤ بتلقائية او عدم تلقائية التفاعل وحسب علاقة كبس الحرة $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

س اذكر عاملين مهمين يؤثران على تلقائية التفاعل الكيميائي ؟

1- اذا كانت قيمة ΔH **سالبة يكون اتجاه التفاعل على الاغلب الى الحالة التي تكون فيها الطاقة (الانثالبي) اقل ما يمكن وتكون التلقائية اكثر احتمالاً اي التفاعل باعث للحرارة**

2- اذا كانت $(\Delta S = +)$ **الانتروبي اعلى ما يمكن تكون التلقائية اكثر احتمالاً اي يكون التفاعل تلقائي**

س ما الاحتمالات التي يكون فيها التفاعل تلقائي ؟

1- قيمة (- =ΔH , +=ΔS) 2- قيمة (- =ΔH , - =ΔS) بشرط ان يكون (TΔS<ΔH)

3- قيمة (+ =ΔH , +=ΔS) بشرط ان يكون (TΔS>ΔH)

س ما الاحتمالات التي يكون فيها التفاعل غير تلقائي ؟

1- قيمة (+ =ΔH , -=ΔS) 2- قيمة (+ =ΔH , + =ΔS) بشرط ان يكون (TΔS<ΔH)

3- قيمة (- =ΔH , -=ΔS) بشرط ان يكون (TΔS>ΔH)

س متى لا تكون لدرجة الحرارة تأثير في تلقائية التفاعل او عدم تلقائية ؟

1- عندما تكون الانثالبي اقل ما يمكن - =ΔH والانتروبي اعلى ما يمكن + = ΔS (تلقائي)

2- عندما تكون الانثالبي اكبر ما يمكن + =ΔH والانتروبي اقل ما يمكن - =ΔS (غير تلقائي)

ملاحظة :- عندما تكون $\Delta G = +$ **التفاعل غير تلقائي وعندما تكون** $\Delta G = -$ $\therefore$ **التفاعل تلقائي**

ويمكن معرفة درجة الحرارة من علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ **عندما تكون قيمة** $\Delta G = 0$ **تصبح العلاقة** $\Delta H = T\Delta S$ **وممكن ان نستخرج درجة الحرارة من** $T = \frac{\Delta H^0_r}{\Delta S^0_r}$ **ويمكن تلخيص ذلك بالجدول التالي**

ΔH	ΔS	ΔG	العملية
-	+	-	تلقائية
+	-	+	لا تلقائية

واذا كانت الاشارات متشابه كما مبين ادناه:

العملية	ΔG	ΔS	ΔH
بشرط $T\Delta S<\Delta H$ بشرط $T\Delta S>\Delta H$	- +	-	-
بشرط $T\Delta S>\Delta H$ بشرط $T\Delta S<\Delta H$	- +	+	+

ويمكن استخدام علاقة كبس في حساب الطاقة الحرة القياسية بعد معرفة الانثالبي والانتروبي في الظروف القياسية من العلاقة الاتية : $\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r$

تمرين (1-13) احسب ΔG^0_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $\Delta S^0_r = 374(J/K.mol)$

$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_r = -3536J/mol$ وكذلك

$$\Delta S^0_r = 374(J/K.mol)$$

الاجابة :- يجب تحويل وحدات الانتروبي من $J/K.mol$ الى $KJ/K.mol$ تقسم على 1000

$$\Delta S^0_r(KJ/K.mol) = 374(\cancel{J}/K.mol)\times\frac{1KJ}{1000\cancel{J}} = 0.374(KJ/K.mol)$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow \Delta G^0_r = -3536-(298\times0.374)$$

$$\Delta G^0_r = -3536-111.452 \Rightarrow \boxed{\Delta G^0_r = -3647.5(KJ/mol)}$$

تمرين (1-14) اذا كان لدينا التفاعل الاتي :- $HCOOH_{(l)} \rightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$ فاذا كانت قيمة $\Delta H^0_r = 16KJ/mol$ والتغير بالانتروبي $\Delta S^0_r = 234(J/K.mol)$ احسب التغير في الطاقة الحرة القياسية وهل التفاعل تلقائي ام لا؟

الاجابة :- يجب تحويل وحدات الانتروبي من $J/K.mol$ الى $KJ/K.mol$ تقسم على 1000

$$\Delta S^0_r(KJ/K.mol) = 234(\cancel{J}/K.mol)\times\frac{1KJ}{1000\cancel{J}} = 0.234(KJ/K.mol)$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r \Rightarrow \Delta G^0_r = 16-(298\times0.234)$$

$$\Delta G^0_r = 16-69.732 \Rightarrow \boxed{\Delta G^0_r = -53.732(KJ/mol)}$$

تلقائي

حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية:- من انثالبي التبخر ΔH_{vap} وانثالبي الانصهار ΔH_{fus} وهنالك درجة الانصهار T_m ودرجة الغليان T_b لغرض تحول المادة من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة بدرجة الانصهار وكذلك تحول المادة السائلة الى المادة الغازية بدرجة الغليان وهما درجتان يحدث عندهما اتزان بين ضغط البخار الماء الصلب او السائل مع الضغط الجوي ويمكن معرفة درجة الحرارة من علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ عندما تكون قيمة $\Delta G = 0$ تصبح العلاقة $0 = \Delta H_{tr} - T\Delta S_{tr}$ وممكن ان نستخرج ومنها نحصل الانتروبي $\Delta S_{tr} = \frac{\Delta H_{tr}}{T_{tr}}$

حيث ان tr تعني الانتقال

ويمكن حساب التغير بالانتروبي الانصهار من $\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$ وحساب انتروبي التبخر من العلاقة الاتية

$\Delta S_{Vap} = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}$ والتغير بالانتروبي التسامي من العلاقة الاتية : $\Delta H_{Sub} = \Delta H_{fus} + \Delta H_{Vap}$

علاقة تروتن هي العلاقة التي تكون فيها قيمة التغير بالانتروبي التبخر لا غلب السوائل تساوي قيمة ثابتة هي $85(J/K.mol)$ وتصبح علاقة الانتروبي التبخر $85(J/K.mol) = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}$ للسوائل فقط

تمرين(1-15) احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي :-

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{Vap} = 44KJ/mol$$ عند درجة غليان الماء

الاجابة:- $T(K) = tC^0 + 273 \Rightarrow T(K) = 100 + 273 = 373K$

يجب تحويل كيلو جول الى جول تضرب في 1000

$$\Delta H_{Vap}(J/mol) = 44(KJ/mol) \times \frac{1000J}{KJ} = 44000(J/mol)$$

$$\Delta S_{Vap} = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b} \Rightarrow \Delta S_{Vap} = \frac{44000}{373} = 117.96(J/K.mol) \Rightarrow \Delta S_{Vap} = 118(J/K.mol)$$

س خارجي من انثالبيات التحولات الاتية :

$$H_2O_{(S)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{fus} = +6KJ/mol$$

$$H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{Vap} = -44KJ/mol$$

احسب تحول الماء من صلب الى غاز (حرارة التسامي)

الاجابة :- نقلب المعادلة الثانية ونجمعها مع المعادلة الاولى كما مبين

$$H_2O_{(S)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{fus} = +6KJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{Vap} = +44KJ/mol$$

$$H_2O_{(S)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{Sub} = 50KJ/mol$$

$$\Delta H_{Sub} = \Delta H_{fus} + \Delta H_{Vap} \Rightarrow \Delta H_{Sub} = 6 + 44 = 50KJ/mol$$

(حل أسئلة الفصل الاول)

س(1-1) عرف المصطلحات الاتية : النظام ، المحيط ، المجموعة ، النظام المفتوح ، دالة الحالة ، النظام المعزول الجول ، النظام المغلق ، القانون الاول الثرموداينمكي

النظام :- النظام الثرموداينمكي هو ذلك الجزء من الكون الذي نهتم بدراسته يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تفاعل كيميائي او تغير فيزيائي

المحيط :- كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغيرات او كيميائية .

المجموعة:- يطلق على النظام والمحيط بالمجموعة (المجموعة= النظام + المحيط)

النظام المفتوح :- يسمى النظام مفتوحاً اذا كانت الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقة مفتوح يحتوي على ماء مغلي .

دالة الحالة:- هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار المسار الذي تم من خلاله التغير .

النظام المعزول :- يعرف بان حدوده لا تسمح بتبادل لا الطاقة ولا المادة مثال ذلك الثرموس.

وحدة الجول :- هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز له بالرمز (J)

النظام المغلق: اذا كانت حدود النظام تسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثل اناء معدني مغلق محتوى على ماء مغلي .

القانون الاول الثرموداينمكي:- الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل الى آخر .

س(1-2) ماهي وحدات الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة بالوحدات الدولية (SI) .

الاجابة:- وحدات الانثالبي هي $(KJ\ /mol)$ وحدات الانتروبي $(J\ /mol)$

وحدات طاقة كبس الحرة $(KJ\ /mol)$

س(1-3) ما المقصود بالتعابير الاتية : الكيمياء الحرارية ، عملية باعثة للحرارة ، عملية ماصة للحرارة.

الاجابة:- الكيمياء الحرارية :- هي فرع من فروع علم الثرموداينمك يهتم بدراسة التغيرات الحرارية التي ترافق التفاعلات الكيميائية الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية

عملية باعثة للحرارة :- هي العملية التي يحرر النظام الحرارة الى المحيط وتكون قيمة الانثالبي التفاعل قيمة سالبة - $\Delta H=$

عملية ماصة للحرارة :- هي العملية التي تمتص الحرارة من المحيط الى النظام وتكون قيمة الانثالبي موجبة + $\Delta H=$

س(1-4)ماذا نعني بدالة الحالة ، واعط مثالاً على كميتين تعدان دالة حالة ومثال على دالة مسار (دالة غير حالة)

الاجابة:-

دالة الحالة:- هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار المسار الذي تم من خلاله التغير .

مثل متسلقين جبل كل يطلب الوصول الى القمة بغض النظر عن الطريق الذي يسلكه

$$\Delta H = \Delta H_F - \Delta H_i$$

س(1-5) لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية .

الاجابة:- لان معرفة الحالة الفيزيائية للتفاعلات الكيميائية تعطي تصور ان المادة قد تمتص طاقة كما في المواد الصلبة اوان المادة تبعث حرارة (طاقة) مثل عملية تكثيف الماء وكما في المثال الاتي يوضح ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -286KJ / mol$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -242KJ / mol$$

لان قيمة الانثالبي تتغير بتغير الحالة الفيزيائية

س(1-6) ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية ؟ وماهي وحدات هاتين الكميتين

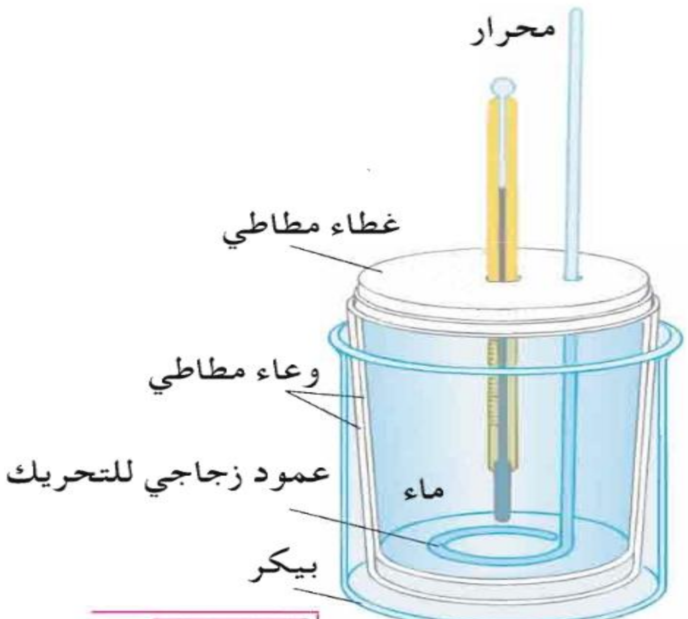
الاجابة:-

الحرارة النوعية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد مقدار بالغرام من اي مادة

ووحداتها $(J / g.C^0)$
السعة الحرارية بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة m مقدار بالغرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحداتها (J / C^0)

س (1-7) ما الفرق بين الخواص المركزية والخواص الشاملة مع اعطاء امثلة لكل منها
الاجابة:-
1- الخواص الشاملة وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة والحجم والسعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة
2- الخواص المركزة وتشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط ودرجة الحرارة والكثافة والحرارة النوعية

س (1-8) صف المسعر الحراري الذي تتم بوساطته قياس الحرارة الممتصة عند ثبوت الضغط q_p اي الانثالبي
الاجابة:-
هو جهاز يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط ويتكون من :
وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء معروفة الكتلة موجودة داخل وعاء معزول عزلا جيداً بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر ويمكن قياس كمية الحرارة من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة ويستعمل لقياس انثالبي التفاعل الممتصة او المتحررة عند ثبوت الضغط $\Delta H = q_p$ كما موضح بالشكل التالي



الشكل 1-2

س(1-9) قطعة من الفضة كتلتها 360g وسعتها الحرارية $(86J/C^0)$ احسب حرارتها النوعية .
الاجابة :-

$$C(J / C^0) = \varsigma(J / g.C^0) \times m(g)$$

$$86(J / C^0) = \varsigma(J / g.C^0) \times 360(g) \Rightarrow \varsigma(J / g.C^0) = \frac{86(J / C^0)}{360(g)}$$

$$\varsigma(J/g.C^0) = 0.24(J/g.C^0)$$

س(10-1) قطعة من النحاس كتلتها 6g سخنت من $21C^0$ الى $124C^0$ احسب كمية الحرارة بوحدات الكيلو جول اذا علمت ان الحرارة النوعية للنحاس $0.39\ (J/g.C^0)$ الاجابة:-

$$q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$$

$$q(J) = 0.39(J/\cancel{g}.\cancel{C^0}) \times 6(\cancel{g}) \times (124-21)\cancel{C^0}$$

$$q(J) = 2.34(J) \times 103 \Rightarrow q(J) = 241.02(J)$$

نحول الجول الى كيلو جول كما مبين

$$q(KJ) = 241.02(\cancel{J}) \times \frac{1KJ}{1000(\cancel{J})} = 0.24102(KJ)$$

س(11-1) احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (KJ) من 350g زائبق عند تبريدها من $77C^0$ الى $12C^0$ اذا علمت ان الحرارة النوعية للزئبق $0.14C^0(J/g.C^0)$ ج / $-3.2(KJ)$

الاجابة:-

$$q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$$

$$q(J) = 0.14(J/\cancel{g}.\cancel{C^0}) \times 350(\cancel{g}) \times (12-77)\cancel{C^0}$$

$$q(J) = 49(J) \times (-65) \Rightarrow q(J) = -3185(J)$$

بالقسمة على 1000 لتحويل كمية الحرارة من جول الى كيلو جول

$$q = \frac{-3185(\cancel{J})}{1000(\cancel{J}/KJ)} = -3.185(KJ) \approx -3.2(KJ)$$

س(12-1) اذا تم رفع درجة حرارة 34g من الايثانول من $25C^0$ الى $79C^0$. احسب كمية الحرارة الممتصة بوساطة الايثانول اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول $2.44(J/g.C^0)$

$$q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$$

الاجابة:-

$$q(J) = 2.44(J/\cancel{g}.\cancel{C^0}) \times 34(\cancel{g}) \times (79-25)\cancel{C^0}$$

$$q(J) = 82.96(J) \times 54 \Rightarrow q(J) = 4479.84(J)$$

س(13-1) سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من درجة حرارة $25C^0$ الى $40C^0$ ، ما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها $5700(J)$ ، احسب الحرارة النوعية لهذه المادة. ج / $2.45(J/g.C^0)$

الاجابة:-

$$q(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$$

$$5700(J) = \varsigma(J/g.C^0) \times 155(g) \times (40-25)C^0$$

$$5700(J) = ς(J/g.C^0) \times 155(g) \times 15C^0$$

$$5700(J) = ς(J/g.C^0) \times 2325(g.C^0)$$

$$ς(J/g.C^0) = \frac{5700(J)}{2325(g.C^0)} = 2.45(J/g.C^0)$$

س(14-1) 4.5g من حبيبات ذهب امتصت 276J من الحرارة عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت $25C^0$ احسب درجة الحرارة النهائية التي سخنت اليها اذا علمت ان الحرارة النوعية للذهب $0.13(J/g.C^0)$

الاجابة : -

$$q(J) = ς(J/g.C^0) \times m(g) \times (T_F - T_i)C^0$$

$$276(J) = 0.13(J/\cancel{g}.\cancel{C^0}) \times 4.5(\cancel{g}) \times (T_F - 25)\cancel{C^0}$$

$$276(J) = 0.585(J) \times (T_F - 25) \Rightarrow (T_F - 25) = \frac{276(J)}{0.585(J)}$$

$$(T_F - 25) = 471.76 \Rightarrow T_F = 471.76 + 25 \Rightarrow \boxed{T_F = 496.76C^0}$$

س(15-1) جد قيمة ΔG_r^0 للتفاعل $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$ الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية:

$$\Delta H^0_F(CO) = -110.5KJ/mol, \Delta H^0_F(CO_2) = -393.5KJ/mol$$
$$S^0(O_2) = 205J/K.mol, S^0(CO) = 198J/K.mol, S^0(CO_2) = 214J/K.mol$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r$$

$$\Delta H^0_r = \sum n\Delta H^0_F(p) - \sum n\Delta H^0_F(R)$$

$$\Delta H^0_r = [2\times(-393.5)] - [2\times(-110.5) + 1(0)]$$

$$\Delta H^0_r = -787 - (-221) \Rightarrow \Delta H^0_r = -787 + 221$$

$$\Delta H^0_r = -566(KJ/mole)$$

نجد الانتروبي

$$\Delta S^0_r = \sum nS^0(P) - \sum nS^0(R)$$

$$\Delta S^0_r = [2\times 214] - [205 + 2(198)] \Rightarrow \Delta S^0_r = 428 - (205 + 396)$$

$$\Delta S^0_r = 428 - 601 \Rightarrow \Delta S^0_r = -173(J/K.mole)$$

نحول من جول الى كيلو جول

$$\Delta S^0_r = -173(\cancel{J}/K.mol) \times \frac{1KJ}{1000(\cancel{J})} = -0.173(KJ/K.mol)$$

$$\Delta G^0{}_r = \Delta H^0{}_r - T\Delta S^0{}_r \Rightarrow \Delta G^0{}_r = -566 - \left(298\,K\left(-0.173KJ/K.mol\right)\right)$$

$$\Delta G^0{}_r = -566 + 51.554 \Rightarrow \Delta G^0{}_r = -514.4(KJ/mol)$$

س(16-1) عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي $4.2KJ/C^0$ فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار $0.12C^0$ احسب التغير في الانثالبي لهذا التفاعل بوحدات الجول .

الاجابة:- بما ان الانثالبي تساوي كمية الحرارة $\Delta H_r = q_p$ في المسعر ∴ $\Delta H_r = C \times \Delta T$

$$\Delta H_r = 2.4\left(KJ/C^0\right) \times 0.12C^0 \Rightarrow \Delta H_r = 0.288KJ$$

س(17-1) اذا تم حرق عينة كتلتها 1.5g من حامض الخليك CH_3COOH (الكتلة المولية للحامض 60g / mol) بوجود كمية وافية من الاوكسجين وكان المسعر يحتوي على 750g من الماء(الحرارة النوعية للماء $4.2J/g.C^0$) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من $24C^0$ الى $28C^0$ احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الاجابة :-

$$q(J) = \varsigma\left(J/g.C^0\right) \times m(g) \times \left(T_F - T_i\right)C^0$$

$$q(J) = 4.2\left(J/g.C^0\right) \times 750(g) \times (28-24)C^0$$

$$q(J) = 3150(J) \times 4 \Rightarrow q(J) = 12600(J)$$

بما اننا نريد حساب الحرارة المتحررة فان هذه الكمية من الحرارة يجب ان تكون سالبة J 1200 –
نتيجة احتراق 1mol من حامض الخليك يجب ان نقسم كمية الحرارة المتحررة على عدد المولات المكافئة في 1.5g من الحامض يجب ان نجد عدد المولات من

$$q(J)n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \Rightarrow n(mol) = \frac{1.5(g)}{60(g/mol)} = 0.025(mole)$$

نجد كمية الحرارة المتحررة بدلالة المولات من

$$q_p = \frac{-q_p}{n(mole)} \Rightarrow q_p = \frac{-12600(J)}{0.025(mole)} = -504000(J/mol)$$

س (18-1) ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي اوجه الاختلاف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات

الاجابة :- الظروف القياسية تعني تلك الظروف التي تكون فيها المادة بحالة استقرار وبدرجة $25C^0$ وضغط 1atm اما في الغازات نستخدم درجة الحرارة الصفر المئوي وضغط 1جو حسب نظام STP

س (19-1) في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين M=26(g/mol) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق تساوي130KJ . أحسب انثالبية التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت ان

$$\Delta H^0{}_{F(CO_2)} = -393.5KJ/mol, \Delta H^0{}_{F(H_2O)} = -286KJ/mol$$

الاجابة:- تكتب معادلة احتراق مول واحد من الاستيلين

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$
$$\Delta H^0_F = X \quad 0 \quad -393.5 \quad -286$$

نجد عدد المولات من

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} \Rightarrow n(mol) = \frac{2.6(g)}{26(g/mol)} = 0.1(mole)$$

بما اننا نحسب كمية الحرارة المتحررة يجب ان تكون سالبة ونقسمها على عدد المولات من

$$\Delta H_r = q_P = \frac{-q_P(KJ)}{n(mole)} \Rightarrow q_P = \frac{-130(KJ)}{0.1(mole)} = -1300KJ/mole$$

بما ان الانثالبي عند ضغط ثابت تساوي كمية الحرارة

$$\Delta H^0_r \Rightarrow \Delta H^0_r = \sum n\Delta H^0_F(P) - \sum n\Delta H^0_F(R)$$

$$-1300 = [2(-393.5) + (-286)] - \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) \Rightarrow$$

$$-1300 = -787 - 286 - \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)})$$

$$-1300 = -1073 - \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) \Rightarrow \Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) = -1073 + 1300$$

$$\Delta H^0_F(C_2H_{2(g)}) = 227(KJ/mole)$$

س(1-20) احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية $\Delta H^0_{F(Al_2O_3)}$ والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H^0_{C(Al)}$ في التفاعل الآتي :

$$4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_3 \qquad \Delta H^0_r = -3340KJ$$

الاجابة :- من المعادلة نجد ان عدد المولات تساوي 2mole يجب ان تقسم على عدد المولات لتكوين مول واحد من المادة المتكونة Al_2O_3 فان انثالبي التكوين القياسية تساوي

$$\Delta H^0_F(Al_2O_3) = \frac{\Delta H^0_r}{n(mole)} \Rightarrow \Delta H^0_F(Al_2O_3) = \frac{-3340}{2(mole)} = -1670(KJ/mole)$$

ثم نقسم المعادلة على 4 لجعل مول واحد من اوكسيد الالمنيوم يحترق وتصبح المعادلة بالشكل التالي :

$$Al + \frac{3}{4}O_{2(g)} \rightarrow \frac{1}{2}Al_2O_{3(S)} \Rightarrow \Delta H^0_r = \frac{-3340}{4} = -835(KJ/mole)$$

$$\Delta H^0_C(Al) = \frac{\Delta H^0_r}{n(mole)} \Rightarrow \Delta H^0_C(Al) = \frac{-835(KJ/mole)}{1mole}$$

س(1-21) اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية من المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm

$$(1) H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H^0_r = -185KJ$$

$$(2) H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H^0_r = -484KJ$$

احسب ΔH^0_r للتفاعل الاتي : $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H^0_r = ?KJ$

الاجابة:- لجعل مجموع المعادلات يعطي المعادلة الاساسية يجب قلب المعادلة الاولى وضربها في 2 لتصبح معادلة رقم 3 والمعادلة الثانية تبقى ثابتة بالشكل التالي :

$$(3)\,4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = +185\times 2 = 370(KJ)$$

وبعدها نجمع المعادلات 2 ، 3 كما مبين ادناه

$$(2)\,H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H^0_r = -484(KJ)$$

$$(3)\,4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = 370(KJ)$$

بالجمع

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 2Cl_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = -114(KJ)$$

س(1-22) اذا اعطيت المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm.

$$(1)\,\frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \qquad \Delta H^0_r = 33KJ$$

$$(2)\,N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta H^0_r = 11KJ$$

احسب ΔH^0_r للتفاعل الاتي : $2NO_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta H^0_r = ?KJ$

الاجابة:- لغرض الحصول على المعادلة الاساسية نضرب المعادلة رقم 1 في 2 وتقلب وتصبح رقم 3

$$(3)\,2NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = -66(KJ)$$

ثم نجمع المعادلات 2 و 3

$$(3)\,2NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = -66(KJ)$$

$$(2)\,N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow N_2O_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = 11(KJ)$$

$$2NO_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta H^0_r = -55(KJ)$$

س(1-23) اذا كان لديك المعادلات الحرارية التالية عند درجة $25C^0$ وضغط 1atm

$$(1)\,FeO_{(S)} + H_{2(g)} \rightarrow Fe_{(S)} + H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^0_r = 25KJ$$

$$(2)\,3FeO_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(S)} \qquad \Delta H^0_r = -318KJ$$

$$(3)\,H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^0_r = -242KJ$$

احسب ΔH^0_r للتفاعل الاتي : $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(g)} + 4H_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = ?KJ$

الاجابة:- لغرض الحصول على المعادلة الاساسية يجب قلب المعادلة رقم 1 وضربها في 3 تصبح المعادلة رقم 4 وتبقى المعادلة رقم 2 ثابتة وكذلك قلب المعادلة رقم 3 وتصبح معادلة رقم 5

$$(4)\ 3Fe_{(S)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow 3FeO_{(S)} + 3H_{2(g)}\ \Delta H^0_r = -75(KJ)$$

$$(5)\ H_2O_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}\ \Delta H^0_r = +242(KJ)$$

ثم نجمع المعادلات 2 و4 و 5 نحصل على المعادلة الاساسية وكما مبين اناه :

$$(2)\ 3FeO_{(S)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(S)}\ \Delta H^0_r = -318(KJ)$$

$$(4)\ 3Fe_{(S)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow 3FeO_{(S)} + 3H_{2(g)}\ \Delta H^0_r = -75(KJ)$$

$$(5)\ H_2O_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}\ \Delta H^0_r = +242(KJ)$$

$$3Fe_{(S)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(S)} + 4H_{2(g)}\ \Delta H^0_r = -151(KJ)$$

س(24-1) تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتية $CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ قيمة ΔS^0_r للتفاعل فاذا علمت ان ΔH^0_F لكل من $CaCO_3, CaO, CO_2$ هي على التوالي بوحدات $(-1207, -635, -393.5)KJ/mol$ جد : 1) ΔH^0_r للتفاعل ثم ارسم مخطط للطاقة 2) ΔG^0_r للتفاعل 3) درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي

الاجابة:- تكتب معادلة تحلل كاربونات الكالسيوم

$$CaCO_{3(S)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(S)} + CO_{2(g)}\ \Delta H^0_r = ?(KJ/mole)$$

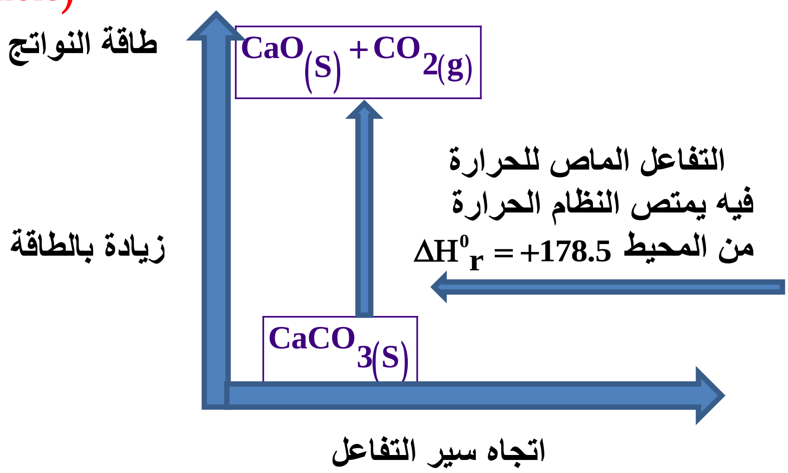
$$\Delta H^0_F = -1207 \quad -635 \quad -393.5$$

$$\Delta H^0_r = \sum n\Delta H^0_F(p) - \sum n\Delta H^0_F(R)$$

$$\Delta H^0_r = [-635 - 393.5] - [-1207] \Rightarrow \Delta H^0_r = -1028.5 + 1207.0$$

$$\Delta H^0_r = +178.5(KJ/mole)$$

طاقة النواتج > من طاقة المتفاعلات



نحول الانتروبي من الجول الى الكيلو جول

$$\Delta S^0{}_r = 160(J / K.mole) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = 0.160(KJ / K.mole)$$

$$\Delta G^0{}_r = \Delta H^0{}_r - T\Delta S^0{}_r \Rightarrow \Delta G^0{}_r = 178.5 - (298K \times 0.160(KJ / K.mole))$$

$$\Delta G^0{}_r = (178.5 - 47.68)KJ / mole \Rightarrow \Delta G^0{}_r = 130.82KJ / mole$$

نفرض ان $(\Delta G^0{}_r = 0) \Rightarrow 0 = \Delta H^0{}_r - T\Delta S^0{}_r \Rightarrow$

$$T\Delta S^0{}_r = \Delta H^0{}_r \Rightarrow T = \frac{\Delta H^0{}_r}{\Delta S^0{}_r} \Rightarrow T = \frac{178.5}{0.160} = 1115.625(K)$$

س(1-25) احسب $\Delta H^0{}_r$ للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm
$2NH_{2(g)} + 3O_{2(g)} + 2CH_{4(g)} \rightarrow 2HCN_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$ اذا اعطيت المعلومات الاتية :

$$\Delta H^0{}_F(NH_3) = -46KJ / mol, \Delta H^0{}_F(CH_4) = -75KJ / mol$$

$$\Delta H^0{}_F(HCN) = 135KJ / mol, \Delta H^0{}_F(H_2O) = -242KJ / mol$$

الاجابة:- حسب التفاعل اعلاه نستخرج $\Delta H^0{}_r$ من القانون التالي :-

$$\Delta H^0{}_r = \sum n\Delta H^0{}_F(p) - \sum n\Delta H^0{}_F(R)$$

$$\Delta H^0{}_r = [2(135) + 6(-242)] - [2(-46) + 2(-75)]$$

$$\Delta H^0{}_r = (270 - 1452) - (-92 - 150) \Rightarrow \Delta H^0{}_r = -1182 + 242$$

$$\Delta H^0{}_r = -940(KJ)$$

س(1-26) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(s)}$ اذا اعطيت المعلومات الاتية:

$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \rightarrow 4HPO_{3(S)} + 2N_2O_{5(g)} \qquad \Delta H^0{}_r = -180KJ$$

$\Delta H^0{}_F$ للمركبات الاتية :

$$\Delta H^0{}_F(P_4O_{10}) = -2984KJ / mol, \Delta H^0{}_F(HNO_3) = -174KJ / mol$$
$$\Delta H^0{}_F(N_2O_5) = -43KJ / mol$$

الاجابة:- تكتب المعادلة

$$P_4O_{10(S)} + \quad 4HNO_{3(l)} \rightarrow 4HPO_{3(S)} + \quad 2N_2O_{5(g)}$$
$$\Delta H^0{}_F = -2984KJ / mol \quad -174KJ / mol \quad 4X \quad -43KJ / mol$$

$$\Delta H^0{}_r = \sum n\Delta H^0{}_F(p) - \sum n\Delta H^0{}_F(R)$$

$$-180 = [4X + 2(-43)] - [-2984 + 4(174)]$$

$$-180 = (4X - 86) - (-2984 - 696) \Rightarrow -180 = 4X - 86 + 3680$$

$$-180(KJ) = 4X - 3594 \Rightarrow 4X = -180 - 3594$$

$$4X = -3774(KJ/mole) \Rightarrow 4X = \frac{-3774(KJ/mole)}{4} = -943.5(KJ/mole)$$

$$\Delta H^0{}_r(HPO_3) = -943.5(KJ/mole)$$

س(1-27) احسب $\Delta S^0{}_r$ للتفاعل الاتي عند درجة $25C^0$ وضغط $1atm$ $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

اذا علمت ان $S^0(H_2) = 131J/K.mol$ و $S^0(N_2) = 192J/K.mol$

$S^0(NH_3) = 193J/K.mol$ ج/ $\Delta S^0{}_r = -199J/K.mol$

الاجابة:-

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} \quad \Delta S^0{}_r = ?$$

$$S^0 = 192(J/K.mol), 131(J/K.mol), 193(J/K.mol)$$

$$\Delta S^0{}_r = \sum nS^0(P) - \sum nS^0(R)$$

$$\Delta S^0{}_r = [2(193)] - [192 + 3(131)]$$

$$\Delta S^0{}_r = (386) - (192 + 393) \Rightarrow \Delta S^0{}_r = 386 - 585$$

$$\Delta S^0{}_r = -199(J/K.mole)$$

س(1-28) ماذا نعني بالعملية التلقائية ، وضح ذلك ثم اعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية .

الاجابة:- العملية التلقائية :- هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي ومن الأمثلة سقوط الماء من اعلى الشلال وذوبان قطعة من السكر وعكس تلم العمليات اي صعود الماء من الاسفل الى الاعلى وتجمع السكر الى شكله الابتدائي هي عمليات غير تلقائية

س(1-29) اي من العمليات التالية تلقائية وايها غير تلقائية :

(آ) ذوبان ملح الطعام في الماء (ب) تسلق قمة ايفرست

(ج) انتشار رائحة العطر في الغرفة بعد رفع غطاء قنينة العطر (د) فصل الهيليوم والنيون من مزيج من الغازات.

الاجابة:- (آ) عملية تلقائية (ب) عملية غير تلقائية (ج) عملية تلقائية (د) عملية غير تلقائية

س(1-30) عرف الانتروبي ، ماهي وحدات الانتروبي حسب النظام الدولي للوحدات (SI)

الاجابة:-

الانتروبي :- وهي دالة حالة ثرموداينميكية تعتبر مقياس درجة اللاأنتظام للنظام الثرموداينمكي يرمز لها بالرمز (S) ووحداتها $(J/K.mol)$

س(1-31) للتفاعل $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$ احسب قيمة $\Delta S^0{}_r$ للتفاعل بوحدات $J/K.mol$ علماً

بأن $\Delta H^0{}_F(H_2O) = -242KJ/mol, \Delta G^0{}_F(H_2O) = -228KJ/mol$ ج/ $-94J/K.mol$

الاجابة :-

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O(g) \quad \Delta S^0_r = ?$$

$$\Delta H^0_F \quad 0 \quad 0 \quad -242(KJ/mol)$$

$$\Delta G^0_r \quad 0 \quad 0 \quad -228(KJ/mol)$$

$$\Delta H^0_r = \sum n\Delta H^0_F(P) - \sum n\Delta H^0_F(R)$$

$$\Delta H^0_r = [2(-242)] - [2(0)+1(0)] \Rightarrow \Delta H^0_r = -484(KJ/mole)$$

$$\Delta G^0_r = \sum n\Delta G^0_F(P) - \sum n\Delta G^0_F(R)$$

$$\Delta G^0_r = [2(-228)] - [2(0)+1(0)] \Rightarrow \Delta G^0_r = -456(KJ/mole)$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r$$

$$-456(KJ/mole) = -484(KJ/mole) - 298K \times \Delta S^0_r$$

$$298K \times \Delta S^0_r = -484(KJ/mole) + 456(KJ/mole)$$

$$298K \times \Delta S^0_r = -28(KJ/mole) \Rightarrow \Delta S^0_r = \frac{-28(KJ/mole)}{298K}$$

$$\Delta S^0_r = -0.0939 \approx -0.094(KJ/K.mole)$$

نحول وحدات الانتروبي من كيلو جول الى جول تضرب في 1000

$$\Delta S^0_r = -0.094(\cancel{KJ}/K.mole) \times \frac{1000(J)}{1\cancel{KJ}} = -94(J/K.mole)$$

س(1-32) احسب قيمة ΔS^0_r للتفاعل التالي عند درجة $25C^0$ وضغط 1atm
اذا اعطيت المعلومات الاتية : $SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow SiO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

$S^0(SiH_4) = 206(J/K.mol)$ و $S^0(O_2) = 205(J/K.mol)$

$S^0(SiO_2) = 42(J/K.mol)$ و $S^0(H_2O) = 70(J/K.mol)$ ج / $-434(J/K.mol)$

الاجابة:-

$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow SiO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$S^0 = \quad 206 \quad 205 \quad 42 \quad 70$$

$$\Delta S^0_r = \sum nS^0(P) - \sum nS^0(R) \Rightarrow \Delta S^0_r = [42 + 2(70)] - [206 + 2(205)]$$

$$\Delta S^0_r = [42 + 140] - [206 + 410] \Rightarrow \Delta S^0_r = 182 - 616 = -434[J/K.mol]$$

س(1-33) اذا علمت ان قيمة ΔS^0_r للتفاعل التالي تساوي $137(J/K.mol)$ عند درجة $25C^0$ وضغط 1atm
وان قيم $S^0(O_2) = 205(J/K.mol)$ فما قيمة S^0 للأوزون O_3 $\quad 2O_{3(g)} \rightarrow 3O_{2(g)}$

ج / $239(J/K.mol)$

الاجابة:-

$$2O_{3(g)} \rightarrow 3O_{2(g)} \quad \Delta S^0_r = 137 J/K.mole$$
$$S^0 = \quad 2X \qquad 3(205)$$
$$\Delta S^0_r = \sum nS^0(P) - \sum nS^0(R)$$
$$137 = [3(205)] - [2X] \Rightarrow 137 = 615 - 2X$$
$$2X = 615 - 137 \Rightarrow 2X = 478 \Rightarrow X = \frac{478}{2} = 239(J/K.mole)$$

قيمة الانتروبي للأوزون O_3

س(1-34) عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وما هي وحداتها .
طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية :- بأنها مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط 1atm ووحداتها $KJ/mole$

س(1-35) اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CH_3OH, H_2, CO بوحدات (KJ/mol) هي على التوالي $(-727, -286, -284)$ احسب ΔH^0_r باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي $CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$
ج / $-129KJ$
الاجابة:- تكتب معادلات الاحتراق

$$(1) CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_2 \quad \Delta H^0_C = -284(KJ/mole)$$
$$(2) H_2 + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_C = -286(KJ/mole)$$
$$(3) CH_3OH + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_C = -727(KJ/mole)$$

نلاحظ من حيث الموقع وعدد المولات عند مقارنة المعادلات مع المعادلة الاساسية
لغرض الحصول على المعادلة الاساسية وحساب انثالبي التفاعل لها يجب بقاء المعادلة رقم 1 ثابتة وضرب المعادلة رقم 2 في 2 تصبح رقم 4 بينما قلب المعادلة رقم 3 وتصبح رقم 5 ثم جمع المعادلات 1 و5 و6

$$(1) CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_2 \quad \Delta H^0_C = -284(KJ/mole)$$
$$(4) 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H^0_C = -572(KJ/mole)$$
$$(5) CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow CH_3OH_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H^0_C = +727(KJ/mole)$$
$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow CH_3OH_{(l)} \quad \Delta H^0_r = +727 - 572 - 284 = -129(KJ/mole)$$

س(1-36) جد درجة الحرارة التي ستصبح عندها التفاعلات التالية تلقائية اذا علمت ان قيم $\Delta S, \Delta H$ لها
التفاعل $A: \Delta H = +126KJ/mol$ و $\Delta S = +48J/K.mol$ ج / A اكبر من 2625K
التفاعل $B: \Delta H = -12KJ/mol$ و $\Delta S = -105J/K.mol$ ج / B اقل من 114.3K
الاجابة :- يجب تحويل وحدات الانتروبي من جول الى كيلو جول بالقسمة على 1000

$$(A)\Delta S = 48(J / K.mole) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = 0.048(KJ / K.mole)$$

$$(B)\Delta S == -105(J / K.mole) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = -0.105(KJ / K.mole)$$

التفاعل (A) نفرض ان

$$\Delta G = 0 \Rightarrow \Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$0 = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow T\Delta S = \Delta H \Rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T = \frac{126}{0.048} = 2625K$$

بينما التفاعل (B)

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T = \frac{-12}{-0.105} = 114.3K$$

س(1-37) من قيم $\Delta S, \Delta H$ تنبأ بأي التفاعلين التاليين يكون التفاعل تلقائياً عند درجة حرارة $C5C^0$ وضغط 1atm

التفاعل : A $\Delta S = 30J / K.mol, \Delta H = 11KJ / mol$

التفاعل : B $\Delta S = 113J / K.mol, \Delta H = 2KJ / mol$

اذا لم يكن كل من التفاعلين تلقائياً عند درجة حرارة $C5C^0$ وضغط 1atm فبأي درجة حرارة قد يكون تلقائيين

الاجابة:- نحول وحدات الانتروبي الى كيلو جول لتوحيدها مع الانثالبي

$$(A)\Delta S = 30(J / K\,mole) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = 0.030(KJ / K\,mole)$$

$$(B)\Delta S == 113(J / K\,mole) \times \frac{1KJ}{1000(J)} = 0.113(KJ / K\,mole)$$

$$(A)\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = 11(KJ / mole) - 298K \times 0.030(KJ / K.mole)$$

$$\Delta G = 11 - 8.94 = 2.06(KJ / mole)$$

∴ غير تلقائي A

$$(B)\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = 2(KJ / mole) - (298K \times 0.113KJ / K.mole)$$

$$\Delta G = 2 - 33.674 = -31.7(KJ / mole)$$

∴ تفاعل تلقائي ثم نفرض $\Delta G = 0$ نحصل على العلاقة

$$T\Delta S = \Delta H \Rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T = \frac{11}{0.030} = 366.6K$$

س(1-38) علل ما يأتي على ضوء علاقة كبس $(\Delta G = \Delta H - T\Delta S)$

1) عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية (2) لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية.

3) يذوب غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الماء تلقائياً ويبعث حرارة اثناء عملية ذوبانه .

4) لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية .

5) تفكك اوكسيد الزئبق (II) يكون تلقائياً عند درجات الحرارة العالية .

الاجابة:- (1)بما ان عملية الانصهار تحول المادة الصلبة الى المادة السائلة بالظروف الاعتيادية تكون $\Delta G = -$ تلقائية بينما تكون $\Delta H = +$ ، $\Delta S = +$ وعلى ضوء علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta G = (+) - T(+) \Rightarrow \Delta G = -$$

بشرط تكون القيمة $(T\,\Delta S > \Delta H)$ رفع درجة الحرارة لكي يكون التفاعل تلقائي

---

(2) بما ان الماء لا يتحلل $\Delta G = +$ ونفرض ان الماء يتحلل تكون قيم $\Delta H = +$ ، $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = (+) - T\,(+)$ بشرط يكون المقدار $T\Delta S < \Delta H$ غير تلقائي

$\Delta G = +$

يجب خفض درجة الحرارة لكي يكون التفاعل غير تلقائي

---

(3) بما ان التفاعل تلقائي ∴ $\Delta G = -$ بما ان الغاز يذوب في الماء تكون قيم $\Delta H = -, \Delta S = -$

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = (-\Delta H) - T\,(-\Delta S)$ بشرط تكون قيمة $T\Delta S < \Delta H$ التفاعل تلقائي

$\Delta G = (-\Delta H) + T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = -$

يجب خفض درجة الحرارة لكي يكون التفاعل تلقائي

---

(4) بما ان كاربونات الكالسيوم لا تتفكك تكون $\Delta G = +$ نفرض ان عملية التفكك حصلت تكون قيم $\Delta H = +$ ، $\Delta S = +$ وعلى ضوء علاقة كبس

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{S} + CO_{2(g)}$$

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = (+\Delta H) - T\,(+\Delta S)$

$\Delta G = (+\Delta H) - T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = +$

بشرط تكون قيمة $T\Delta S < \Delta H$ انخفاض الحرارة ∴ التفاعل غير تلقائي

---

(5) بما ان تفكك تكون

$$2HgO_{(g)} \xrightarrow{\text{يتفكك}} 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$

بما التفاعل تلقائي $\Delta G = -$

ماص للحرارة $\Delta H = +$

زيادة في عشوائية $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = +\Delta H - T\,(+\Delta S)$

$\Delta G = +\Delta H - T\,\Delta S \Rightarrow \Delta G = -$

بشرط يكون $\Delta H < T\Delta S$ ارتفاع درجة الحرارة (تلقائي)

الفصل الثاني

2

الاتزان الكيميائي

Chemical Equilibrium



الكيمياء للصف السادس

الفصل الثاني(الاحيائي)

تعاريف – تعاليل- قوانين – حلول بعض الأمثلة والتمرينات وأسئلة الكتاب

اعداد الأستاذ

رحيم عبد جواد الأعاجيبي

رقم الهاتف 07804010634

رحلة التفوق في السادس

عطاءٌ بلا حدود

A .M. Z

التفاعل الكيميائي :- هو عملية تتحول فيها مادة واحدة او اكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتهاعن المادة او المواد التي تفاعلت في البداية تقسم التفاعلات الكيميائية الى :-

1) التفاعلات غير الانعكاسية (تام)
بأنها التي يتم فيها (عند ظروف معينة)استهلاك تام لاحد او جميع المواد المتفاعلة ولا يكون للمواد الناتجة عند ظروف التفاعل نفسها القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها مثل :-

$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

تستهلك المواد المتفاعلة ($\rightarrow$) ويكون باتجاه واحد

2) التفاعلات الانعكاسية(غير تام)
بأنها التي يتم فها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة اخرى لا تستهلك المواد المتفاعلة ($\rightleftharpoons$) ويكون باتجاهين متعاكسين مثل التفاعل الاتي:

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

الاتزان الكيميائي :- هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان استاتيكي (ساكن) اي ان التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الامامي والخلفي بالمقدرة والسرعة ذاتها ($R_F + R_b$) سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي وتكون تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة عند حالة الاتزان ثابتة دون تغير مالم يحدث تغيير على الظروف التي يتم عندها التفاعل مثال على ذلك:

$$N_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

حيث (K_F) يمثل ثابت سرعة الامامي و(K_b)يمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي ويكون في حالة اتزان

س ما هي التفاعلات الانعكاسية؟
اولاً:- التفاعلات الانعكاسية المتجانسة /هي المواد التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في طور واحد وجميع التفاعلات تجري في نظام مغلق مثل

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

$$Zn_{(s)} + S_{(s)} \rightleftharpoons ZnS_{(s)}$$

س تظهر التفاعلات الانعكاسية عند وصولها الى حالة الاتزان وكأنها متوقفة ؟ (وزاري)
الجواب لأنها في حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان استاتيكي (ساكن) اي ان التفاعل مستمر بكلا الاتجاهين الامامي والخلفي بالمقدرة ذاتها
س التفاعلات غير الانعكاسية (تام)ذات ثابت كبيراً جداً ؟
الجواب لأنها تفاعلات تكون بالاتجاه الامامي اي باتجاه النواتج لا يكون لها المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المتفاعلات من جديد لذلك يكون تراكيز النواتج كبيرة جداً بما ان العلاقة طردية بينهما لذا يكون الثابت كبيراً جداً
ثانياً :- التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة :-
فهي التفاعلات التي توجد فيها المواد المتفاعلة والناتجة في اكثر من طور واحد ومن امثلتها

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} \quad و \quad 2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

قانون فعل الكتلة / ينص عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في اي اتجاها كان تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلاً منها مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة

س وضح قانون فعل الكتلة وفق التفاعل الاتي : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{K_b}{\overset{K_F}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$

الجواب :- يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الامامي R_F وسرعة التفاعل الخلفي R_b

رياضياً وحسب قانون فعل الكتلة كالاتي: $R_b = K_b[HI]^2 \Rightarrow R_F = K_F[H_2][I_2]$

ثابت الاتزان :-

قانون الاتزان الكيميائي هو حسب المعادلة:- $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$

$$\frac{K_F}{K_b} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \quad \Longrightarrow \quad K_C = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \Rightarrow K_{eq} = \frac{K_F}{K_b}$$

تمرين (2-1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b يساوي 0.02 احسب ثابت سرعة التفاعل الامامي K_F الاجابة :-

$$K_{eq} = \frac{K_F}{K_b} \Rightarrow 4.24 = \frac{K_F}{0.02} \Rightarrow K_F = 4.24 \times 0.02 \Rightarrow \boxed{K_F = 0.0848}$$

يعرف ثابت الاتزان بأنه النسبة بين ثابت تناسب سرعة التفاعل الامامي وثابت سرعة التفاعل الخلفي
كما يعرف بانه حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند حالة الاتزان مقسوماً على
حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها
في معادلة التفاعل الموزونة ،وهي قيمة ثابتة ويرمز له K_{eq}

يعرف ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_P حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجة عند حالة الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كل منها مرفوع الى اس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة وهي قيمة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة

ويمكن التعبير عن الاتزان الكيميائي بدلالة التركيز المولاري(K_C) والضغوط الجزيئية(K_P)

يصبح القانون بالشكل التالي :

$$K_C = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \quad و \quad K_P = \frac{P^g{}_G P^h{}_H}{P^a{}_A P^b{}_B}$$

يمكن حذف تراكيز المواد الصلبة والسائلة النقية من علاقة ثابت الاتزان لأنها تبقى ثابتة مهما تغيرت كيميائياً وان تغير الحجم فان النسبة هذه المواد الى الحجم ستبقى ثابتة في التفاعلات غير المتجانسة لا تدخل في القانون كما في تفكك بيكاربونات الصوديوم

$$2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(S)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$$

يحذف الصلب ويكتب القانون بالشكل التالي وعلى التوالي :-

$$K_P = P_{CO_2} P_{H_2O} \quad و \quad K_C = [CO_2][H_2O]$$

ثابت الضغوط الجزئية التركيز المولاري

ملاحظة / اذا كانت مواد التفاعل في الطور الغازي والصلب والسائل تهمل الصلبة والسائلة اذا كانت مواد التفاعل

في الطور السائل والصلب نهمل الصلب وندخل السوائل في القانون بشرط ان تكون المواد الصلبة في المقام عند قسمة التراكيز في هذه الحالة تعتبر قيمة المواد الصلبة واحد اذا كانت مواد التفاعل في الطور السائل فقط وتدخل السوائل بالقانون

تمرين(2-2) اكتب ثوابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_C وثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_P للتفاعلات التالية ان امكن

$$(1)2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)},(2)3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$$

$$(3)CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)},(4)H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$$

$$(5)2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

$$(6)C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)}$$

$$(7)2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

$$(1)K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} \Rightarrow K_P = \frac{P^2{}_{(CO)}P_{(O_2)}}{P_{(CO_2)}}$$ و $$(2)K_C = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3} \Rightarrow K_P = \frac{P^2(O_3)}{P^3(O_2)}$$

$$(3)K_C = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} \Rightarrow K_P = \frac{P_{(COCl_2)}}{P_{(CO)}PCl_2}$$ و $$(4)K_C = \frac{[CO][H_2]}{[H_2O]} \Rightarrow K_P = \frac{P_{(CO)}P_{(H_2)}}{P_{(H_2O)}}$$

$$(5)K_C = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3} \Rightarrow K_P = \frac{P^2{}_{(SO_2)}}{P^3{}_{(O_2)}}$$ $$(6)K_C = \frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$$

$$(7)K_C = \frac{[NH_3]^2}{[NO_3]^2[H_2]^7} \Rightarrow K_P = \frac{P^2{}_{(NH_3)}}{P^2(NO_3)P^7(H_2)}$$

حساب ثابت الاتزان K_C

1) كتابة المعادلة الموزونة 2) التعبير بدلالة المولارية K_C وبدلالة الضغوط الجزئية K_P

3) لا تدخل المواد الصلبة والسائلة في قانون K_P ولا تدخل المواد الصلبة والسائلة في K_C اكثر من طور واحد

4) يجب تحويل عدد غرامات او المولات الى التركيز المولاري

($M = \frac{n(mole)}{V(L)}$ أو $n = \frac{m(g)}{M(g/mole)}$)

5) اذا كان الحجم واحد لتر تكون المولارية = عدد المولات (M=n) واذا كان الحجم اكثر من واحد نستخدم القانون التالي ($M = \frac{n(mole)}{V(L)}$)

س/ كيف يتم حساب K_{eq} ؟

اولاً:- اذا كانت تراكيز جميع المواد المتفاعلة والناتجة معلومة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان يتم تعويض هذه القيم في علاقة ثابت الاتزان لغرض ايجاد قيمته كما في مثال (2-4) وتمرين (2-3)

تمرين (2-3)

جد قيمة K_{eq} للتفاعل الاتي عند $100C^0$ $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ اذا علمت ان التراكيز لمواد التفاعل عند حصول حالة الاتزان هي كالاتي: $[N_2O_4]=0.002M$ و $[NO_2]=0.017M$

الاجابة:-

$$\begin{pmatrix} 2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)} \\ 0.017M \quad\quad 0.002M \end{pmatrix} \Rightarrow K_{eq} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

$$K_{eq} = \frac{[0.002]}{[0.017]^2} = \frac{2\times10^{-3}}{289\times10^{-6}} = 6.92$$

ثانياً :- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان وتراكيز المواد المتفاعلة معلومة ولم تعطى تراكيز المواد الناتجة نجعلها تساوي صفر والمطلوب ايجاد تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة وعند حصول الاتزان وهذا ينطبق على الضغوط الجزئية والمولارية نقوم بما يلي:-

1) نعمل جدول ونثبت فيه تراكيز او ضغوط لكل من المواد المتفاعلة والناتجة(تعطى صفر)بعد تقسيم الجدول تراكيز او ضغوط ابتدائية وحالة التغير (المتفاعل) وحالة الاتزان

2) نجد قيمة المتغير ثم يعوض في حالة الاتزان وبعدها نجد كل تراكيز الخليط

تمرين (2-4) للتفاعل الاتي :- $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$

وضع في اناء حجمه لتر واحد 0.4mole من كل من H_2 و Br_2 وبدرجة حرارة $425C^0$ احسب تراكيز المواد التي تكون خليط الاتزان اذا علمت ان K_C يساوي 0.25

الاجابة :-بما ان الحجم لتر واحد تكون المولارية = عدد المولات

المعطيات	$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$ $K_C=0.25$		
التراكيز	$[H_2]$	[Br]	2[HBr]
التراكيز الابتدائية	0.4	0.4	0.00
حالة التغير	-X	-X	+2X
	0.4-X	0.4-X	+2X

$$K_C = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow 0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4-X][[0.4-X]]}$$ (جذر طرفي المعادلة)

$$0.5 = \frac{2X}{0.4-X} \Rightarrow 2X = 0.2 - 0.5X \Rightarrow 2X + 0.5 = 0.2 \Rightarrow 2.5X = 0.2$$

وبالتعويض في حالة الاتزان

$$\Rightarrow X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08(mole/L)$$

$$[HBr] = 2X \Rightarrow [HBr] = 2 \times 0.08 = \boxed{0.16(mole/L)}$$

$$[H_2] = [Br_2] = 0.4 - X \Rightarrow [H_2] = [Br_2] = 0.4 - 0.08 = \boxed{0.32(mole/L)}$$

ثالثاً :- تعطى تراكيز او ضغوط جزئية للمواد الابتدائية الموضوعة في اناء التفاعل واعطى تركيز او ضغوط جزئي او احد المواد المتفاعلة او الناتجة عند حالة الاتزان والمطلوب ايجاد ثابت الاتزان نجعل حالة الاتزان =الناتج

تمرين (2-5) للتفاعل $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ وضع في اناء حجمه لتر 0.8mole من غاز CO_2 درجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان نصف كمية الغاز قد تفككت احسب K_C

الاجابة :- بما ان لتر واحد اذن تكون المولارية = المولات

المعطيات	$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2CO_{(g)} + O_{2(g)}$	V=1L M=n
التراكيز المولارية	$2[CO_2]$	2[CO]	$[O_2]$
التراكيز الابتدائية	0.8	0.0	0.0
حالة التغير	-2X	+2X	+X
حالة الاتزان	0.8-2X	+2X	+X

حالة الاتزان = كمية الغاز المتفكك (0.4)

$$0.8 - 2X = 0.4 \Rightarrow 2X = 0.8 - 0.4 \Rightarrow 2X = 0.4 \Rightarrow X = \frac{0.4}{2} = 0.2mole/L$$

$$[CO] = 2X \Rightarrow [CO] = 2 \times 0.2 = 0.4mole/L \Rightarrow [O_2] = X \Rightarrow [O_2] = 0.2mole/L$$

$$K_C = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} \Rightarrow K_C = \frac{[0.4]^2[0.2]}{[0.4]^2} = 0.2$$

رابعاً :- المستهلك او المتفاعل = التغير بالتركيز وكذلك من قانون النسبة المئوية نجد المتغير او المتفكك واذا اعطى تراكيز المتغير او المتفكك واذا اعطى تراكيز مختلفة للمواد المتفاعلة ولم تذكر المواد الناتجة واعطى المتبقي عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان كما مبين في التمرين ادناه

تمرين (2-6) مهم في التفاعل الغازي الاتي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ وضعت كميات مختلفة من H_2 و N_2 في اناء سعته لتر وعند وصول التفاعل لحالة الاتزان وجد ان ما استهلك منH_2 يساوي 0.3mole وما تبقى منN_2 يساوي 0.2mole ما عدد مولات كل من $(N_{2(g)}, H_{2(g)})$ قبل التفاعل علماً بان K_C =200

الاجابة:- بما ان الحجم يساوي لتر واحد اذن المولارية = عدد المولات

المعطيات	$3H_{2(g)} +$	$N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$	K_C=200
التراكيز المولارية	$3[H_2]$	$[N_2]$	$[2NH_3]$
التراكيز الابتدائية	A	B	0.0

حالة التغير	-3X	-X	+2X
حالة الاتزان التراكيز عند الاتزان مجددا	A-3X (A-3×0.1) A-0.3	B-X 0.3-0.1= 0.2	+2X

المستهلك = حالة التغير $X = \frac{0.3}{3} = 0.1 mole/L$ $3X = 0.3 \Rightarrow$ وبالتعويض عند حالة الاتزان

التركيز N_2 عند الاتزان= ما تبقى من غاز N_2

$$B - X = 0.2 \Rightarrow B = 0.2 + X \Rightarrow B = 0.2 + 0.1 = 0.3 mole/L$$

جذر المعادلة

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow 200 = \frac{[0.2]^2}{[A-0.3]^3[0.2]} \Rightarrow \cancel{2000}^{1000} = \frac{\cancel{2}^{1}}{[A-0.3]^3}$$

$$10 = \frac{1}{[A-0.3]} \Rightarrow 1 = 10A - 3 = 10A = 1 + 3 \Rightarrow 10A = 4 \Rightarrow A = \frac{4}{10} \Rightarrow A = 0.4 mole/L$$

خامساً :- اذا اعطى الضغط الكلي او عدد المولات الكلية نجمع الضغوط او المولات عند الاتزان ونحصل على المتغير ثم يعوض في حالة الاتزان ثم نطبق قانون الثابت الاتزان ونستخرج ثابت الاتزان كما في مثال (2-9) ويمكن من قانون النسبة المئوية ودرجة التأين والمتفاعل نحصل على حالة التغير بالتفاعل ما هي العلاقة بين ثابتي الاتزان K_C ,K_P

يجب معرفة Δn_g لان الثوابت تعتمد على قيمتها من القانون التالي:

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$



اذا كانت قيمة Δn_g = صفر فان $(K_C=K_P)$ في حالة اتزان

اذا كانت قيمة Δn_g = + فان(K_P اكبر من K_C)

اذا كانت قيمة Δn_g = - فان(K_P اصغر من K_C)

س/ ما القوانين التي يمكن حساب قيمة كل من (K_P و K_C)

$$K_P = K_C \times (RT)^{\Delta n_g}, K_C = K_P \times (RT)^{-\Delta n_g}$$

نستخدم قيمة R التي تساوي (0.082 L.atm/K.mole) ثابت الغازات العام

مثال(2-9) افترض حصول الاتزان للتفاعل الاتي عند درجة حرارة 300K $NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$
ووجد ان قيم الضغوط الجزئية لكل من غازي النواتج عند حصول الاتزان تساوي 0.3 atm احسب K_P و K_C للتفاعل الاجابة:-

$$K_P = P_{NH_3} \times P_{H_2S} \Rightarrow K_P = 0.3 \times 0.3 = 0.09 atm$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(products) - \sum n_g(Reactants) \Rightarrow \Delta n_g = 2 - 0 = 2 mole$$

$$K_C = K_P \times (RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow K_C = 0.09(0.082 \times 300)^{-2} \Rightarrow K_c = 0.09 \times (24.6)^{-2}$$

$$K_C = \frac{0.09}{(24.6)^2} = \frac{0.09}{605.16} \Rightarrow K_C = 0.000149 \approx K_C = 1.5\times10^{-4}$$

تمرين (2-7) احسب قيمة K_C للتفاعل المتزن التالي عند $500C^0$ اذا علمت ان قيمة K_P للتفاعل تساوي (1.5×10^{-5}) عند درجة الحرارة نفسها $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

الاجابة:-

$$\Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R) \quad \boxed{\Delta n_g = 2-4 = -2mole}$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow \boxed{K_c = K_P(RT)^{-(-2)}}$$

$$K_C = 1.5\times10^{-5}\left[0.082\times(500+273)\right]^2 \Rightarrow K_C = 1.5\times10^{-5}(0.082\times773)^2$$

$$\Rightarrow K_c = 1.5\times10^{-5}\times4017.78 \Rightarrow K_C = 6026.67\times10^{-5} \Rightarrow \boxed{K_c = 0.06}$$

تمرين (2-8) اذا كانت K_C تساوي 1.6عند $1000C^0$ بالنسبة للتفاعل الاتي $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$
احسب ضغط COالجزئي في حالة تلك الحالة لغاز CO_2 يساوي 0.6atm

الاجابة

$$\Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R) \Rightarrow \boxed{\Delta n_g = 2-1 = 1mole}$$

$$T(K) = tC^0 + 273 \Rightarrow \boxed{T(K) = 1000+273 = 1273} \Rightarrow K_C = K_P\times(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$\Rightarrow K_C = K_P\times(RT)^{-1} \Rightarrow 1.6 = K_P(0.082\times1273)^{-1}$$

$$1.6 = \frac{K_P}{0.082\times1273} \Rightarrow K_P = 1.6\times104.3861 \Rightarrow \boxed{K_P = 167}$$

$$K_P = \frac{P^2{}_{CO}}{P_{CO_2}} \Rightarrow 167 = \frac{P^2{}_{CO}}{0.6} \Rightarrow \boxed{P^2{}_{CO} = 0.6\times167 = 100} \Rightarrow P_{CO} = 10(atm)$$

اهمية ثابت الاتزان :-

1) تحديد اتجاه التفاعل 2) بيان العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة

س كيف يمكن تحديد اتجاه التفاعل؟

1)اذا كانت $Q \ll K_C$ اتجاه التفاعل امامي تركيز النواتج > من تركيز المتفاعلات($K_C>1$)

2)اذا كانت $Q \gg K_C$ اتجاه التفاعل خلفي النواتج اقل من المتفاعلات $K_C<1$

3)اذا كانت $K_C=Q$ التفاعل في حالة اتزان($K_C=1$)

تمرين (2-9) من قيم K_C لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها

1) $2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \boxed{K_C = 1.1\times10^{-81}}$

2) $2CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{2(g)} \quad K_C = 0.99$

$$3) H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl \quad K_{eq} = 4.4\times10^{32}$$

الاجابة :- 1) قيمة K_C قليلة جداً اي كمية النواتج قليلة جداً لدرجة عد هذا التفاعل لا يحدث من الناحية العملية
2) قيمة K_C تساوي تقريباً واحد اذن تراكيز النواتج المتبقية من المواد المتفاعلة في حالة اتزان
3) قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً اي النواتج كبيرة جداً اي التفاعل تام

س ماهي العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة القاعدة الاولى :

اذا عكس اتجاه التفاعل ما فان ثابت الاتزان الجديد يساوي مقلوب الاتزان الاول $K_{C_2} = \frac{1}{K_{C_1}}$ مثل

$$(1) H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl \Rightarrow K_{C_1} = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]}$$

$$(2) 2HCl \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \Rightarrow K_{C_2} = \frac{[H_2][Cl_2]}{[HCl]^2}$$

القاعدة الثانية:
اذا ضربت معادلة ما في معامل معين فان قيمة ثابت الاتزان الجديد يساوي قيمة ثابت الاتزان الاول مرفوع الى أس يساوي ذلك المعامل $K_{C_2} = (K_{C_1})^{\frac{1}{2}} \Rightarrow K_{C_2} = \sqrt{K_{C_1}}$ مثل

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl \Rightarrow K_{C_1} = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]}$$

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Cl_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} \Rightarrow K_{C_2} = \frac{[HCl]}{[H_2]^{\frac{1}{2}}[Cl_2]^{\frac{1}{2}}}$$

نجد العلاقة بينهما هي $$K_{C_2} = (K_{C_1})^{\frac{1}{2}} \Rightarrow K_{C_2} = \sqrt{K_{C_1}}$$

القاعدة الثالثة:- اذا كان التفاعل ناتجاً من مجموع عدد من التفاعلات فان ثابت الاتزان للتفاعل يساوي حاصل ضرب ثوابت الاتزان لكل التفاعلات التي ينتج عن مجموعها كما في القانون التالي:

$$(K_{C3} = K_{C1} \times K_{C2})$$

تمرين (2-10) $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ ثابت الاتزان K_p له =0.39 وبدرجة حرارة $227C^0$ فما قيمة K_c للتفاعل $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ بدرجة الحرارة نفسها

الجواب/ نلاحظ ان المعادلتين متعاكستان $K_{C_2} = \frac{1}{K_{C_1}}$

$$\Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R) \Rightarrow \Delta n_g = 1 - 2 = -1$$

$$T(K) = tC^0 + 273 \Rightarrow T(K) = 227 + 273 = 500K$$

$$K_{C_1} = K_P \times (RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow K_{C1} = 0.39(0.082 \times 500)$$

$$K_{C_1} = 0.39 \times 41 = 16 \Rightarrow K_{C_2} = \frac{1}{K_{C_1}} \Rightarrow K_{C_2} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

تمرين (2-11) للتفاعل الغازي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ بدرجة حرارة معينة وجد ان خليط الاتزان يحتوي على 0.02M من NH_3 و 0.1M من N_2 وكذلك من H_2 ما ثابت الاتزان K_C للتفاعل $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$ **جواب تمرين (2-11)(مهم)**

التراكيز المولارية	$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$			$K_{C_1} = ?$
	0.1	0.1	0.02	$K_{C_1} = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$

$$K_{C_1} = \frac{[0.02]^2}{[0.1]^3[0.1]} \Rightarrow K_{C_1} = \frac{4 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-4}} \Rightarrow K_{C_1} = 4$$

بما ان المعادلة هي عكس الاولى ومضروبة في $(\frac{1}{2})$

$$K_{C_2} = \left(\frac{1}{K_{C_1}}\right)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow K_{C_2} = \sqrt{\frac{1}{4}} \Rightarrow K_{C_2} = \sqrt{0.25} \Rightarrow \boxed{K_{C_2} = 0.5}$$

تمرين (2-12) وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه لتر واحد وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز البروم 0.2mole حسب التفاعل الاتي : $2HBr \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$ **فما عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان لإناء آخر حجمه 1L الناتج من خلط غازي البروم والهيدروجين بكميات 2 mol**

ج/ بما ان الحجم واحد لتر اذن المولارية = عدد المولات

المعلومات	2HBr	$H_{2(g)}$	$Br_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	0.0	0.0
حالة التغير	-2X	+X	+X
حالة الاتزان	1- 2X	+X	+X
الناتج عند الاتزان	0.6 المستخرج	0.2 المستخرج	0.2 المعلوم

التراكيز عند الاتزان = المتكون من غاز Br_2 اذن X= 0.2mole

$$[H_2]=[Br_2]=0.2mole \Rightarrow [HBr]=1-2X \Rightarrow [HBr]=1-2(0.2)$$

$$\Rightarrow [HBr]=1-0.4=0.6mole \Rightarrow K_C=\frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} \Rightarrow K_C=\frac{(0.2)(0.2)}{(0.6)^2}$$

$$\Rightarrow K_C=\frac{0.04}{0.369}=\frac{1}{9} \Rightarrow K_C=0.11$$

$$\frac{1}{2}H_{2(g)}+\frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightleftharpoons HBr_{(g)}$$ نضرب المعادلة (2×) لغرض تساوي المعادلتين

تصبح المعادلة بالشكل التالي : $H_{2(g)}+Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$

بما انها عكس المعادلة الاولى اذن $K_{C2}=9$

المعطيات	$H_{2(g)}$	$Br_{2(g)}$	$2HBr_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	2.0	2.0	0.0
التغير في التراكيز	-X	-X	+2X
التراكيزعند الاتزان	(2 - X)	(2 – X)	+2X

الـ جذر

$$K_{C_2}=\frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow = \frac{[2X]^2}{[2-X][2-X]}$$

$$3=\frac{(2X)}{(2-X)} \Rightarrow 2X=6-3X \Rightarrow 2X+3X=6 \Rightarrow 6=5X \Rightarrow \boxed{X=\frac{6}{5}=1.2mole/L}$$

$$[HBr]=2X \Rightarrow [HBr]=2(1.2)=2.4(mole/L)$$

تمرين (2-13) وجد ان ثابت الاتزان للضغوط الجزئية بدرجة حرارة 2000K لكل من التفاعلات الاتية :

$$\frac{1}{2}Br_{2(g)}+\frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} \quad \boxed{K_P=150}$$

$$\frac{1}{2}Br_{2(g)}+\frac{3}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{3(g)} \quad \boxed{K_P=2.5}$$

احسب ثابت الاتزان K_C للتفاعل:

الاجابة:- $BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)}+F_{2(g)}$ -: قلب المعادلة الثانية لحصول على المعادلة الاساسية

$$\frac{1}{2}Br_{2(g)}+\frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} \quad \boxed{K_P=150}$$

$$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}Br_{2(g)}+\frac{3}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons \quad \boxed{K_P=\frac{1}{2.5}}$$

$$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)}+F_{2(g)} \quad K_P=K_{P_1}\times K_{P_2}$$

$$K_P = 150 \times \frac{1}{2.5} \Rightarrow K_P = 150 \times \frac{10}{25} \Rightarrow K_P = \frac{1500}{25} = 60$$
$$\Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R) \Rightarrow \Delta n_g = 2 - 1 = 1 \Rightarrow K_C = K_P \times (RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow$$
$$K_C = 60(0.082 \times 2000)^{-1} \Rightarrow K_C = \frac{60}{0.082 \times 2000} \Rightarrow K_C = \frac{60}{164} = 0.366$$

حاصل التفاعل(وتعني حاصل القسمة):-
وهي قيمة افتراضية لثابت الاتزان تحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصوله الى حالة الاتزان ويعبر عن حاصل القسمة بين تراكيز المواد الناتجة والمواد المتفاعلة مرفوعة لأس الذي يمثل عدد مولات كل من المواد المشتركة بالتفاعل(Q)

س/ ما الفرق الرئيسي بين ثابت الاتزان وحاصل التفاعل؟
ج/ السبب الرئيسي هو ان التراكيز المستخدمة في علاقة(Q) هي ليست بالضرورة هي نفس القيم عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان

س/ ما هي العلاقة بين Q و K_C ؟
ج/ يمكن التنبؤ بحالة الاتزان او اتجاه سير التفاعل وحسب الاتي:
1) (K_C= Q) فان النظام بحالة الاتزان وتركيز النواتج والمتفاعلات متساوية اي تراكيز اتزان
2) (K_C< Q) فان التفاعل ليس في حالة اتزان و تراكيز النواتج اعلى من تراكيزها عند الاتزان لذا فانها تتناقص للوصول الى حالة الاتزان ويتجه التفاعل باتجاه المتفاعلات
3) عندما تكون (K_C> Q)فأن التفاعل ليس في حالة اتزان تراكيز النواتج اقل من تراكيزها عند حالة الاتزان لذا تتزايد قيمتها للوصول الى حالة الاتزان ويتجه باتجاه النواتج كما مبين في التمرين ادناه :-

---

تمرين(2-14) للتفاعل الغازي $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$ ثابت الاتزان K_C له يساوي 9.0
1) هل ان مزيج مكون من 2.0mole من كل من الغازات N_2 , H_2 , NH_3 في وعاء مغلق حجمه 1L يمثل حالة اتزان ولماذا 2) لو افترضنا ان المزيج غير متزن ما حجم الاناء اللازم لجعله متزناً ؟

$$\left(\begin{matrix} 3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \\ 2.0 \quad 2.0 \quad 2.0 \end{matrix}\right) \Rightarrow \begin{matrix} K_C = 9 \\ V = 1L \\ M = n \end{matrix} \Rightarrow Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$$

$$Q = \frac{(2)^2}{(2)^2 \times 2} = \frac{4}{16} = 0.25$$

بما ان K_C> Q لا يمثل حالة اتزان لان($K_C \neq Q$)

$$(2)\left(\begin{matrix} 3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \\ \frac{2}{V} \quad \frac{2}{V} \quad \frac{2}{V} \end{matrix}\right) \Rightarrow Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]} \Rightarrow Q = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^3\left(\frac{2}{V}\right)}$$

$$Q=\frac{\frac{4}{V^2}}{\frac{8}{V^3}\times\frac{2}{V}}\Rightarrow Q=\frac{4}{V^2}\times\frac{V^3}{8}\times\frac{V}{2}\Rightarrow Q=\frac{V^2}{4}$$

نفرض ان $Q=K_C$

$$\boxed{\Rightarrow Q=9}\Rightarrow 9=\frac{V^2}{4}\Rightarrow V^2=36\Rightarrow \boxed{V=6L}$$

تمرين (2-15)

في اناء حجمه 2L سخن 1.4mole من مزيج من الغازات HBr وH_2 و Br_2 الى درجة حرارة معينة حتى وصل التفاعل حالة الاتزان $H_{2(g)}+Br_{2(g)}\rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ فاذا علمت ان ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr من غازي H_2 و Br_2 بدلالة الضغوط الجزئية K_p يساوي 0.25 فما عدد مولات المواد الناتجة والمتبقية في الاناء عند الاتزان

$\frac{1}{2}H_{2(g)}+\frac{1}{2}Br_{2(g)}\rightleftharpoons HBr_{(g)}$ تضرب في 2 لغرض تساوي المعادلة الاولى وتصبح بالشكل التالي:

$$H_{2(g)}+Br_{2(g)}\rightleftharpoons 2HBr_{(g)}\Rightarrow K_P=(0.25)^2=0.0625$$

$$M(mole/L)=\frac{n(mole)}{VL}\Rightarrow M(mole/L)=\frac{1.4(mole)}{2L}=0.7$$

المعطيات	$H_{2(g)}+$	$Br_{2(g)}\rightleftharpoons$	$2HBr_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.7	0.7	0.7
التغير بالتراكيز	+X	+X	-2X
التراكيز عند الاتزان	(0.7 + X)	(0.7 + X)	(0.7 - 2X)

بما ان $\Delta n_g=0$ هذا يؤدي $K_C=K_P$ يجب تحديد الاتجاه من معرفة قيمة Q كالاتي:

$$Q=\frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}\Rightarrow Q=\frac{[0.7]^2}{[0.7][0.7]}=1\Rightarrow \boxed{K_C<Q}$$ اذن التفاعل خلفي

$$K_C=\frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}\Rightarrow 0.0625=\frac{(0.7-2X)^2}{(0.7+X)^2}$$

جذر طرفي المعادلة

$$0.25=\frac{0.7-2X}{0.7+X}\Rightarrow 0.7-2X=0.175+0.25X$$

$$0.7-0.175=0.25X+2X\Rightarrow \boxed{0.525=2.25X}\Rightarrow X=\frac{0.525}{2.25}=0.233(mole/L)$$

$$[HBr]=0.7-2X\Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}[HBr]=0.7-2(0.233)\\ [HBr]=0.7-0.466=0.234(mole/L)\end{array}}$$

$$[H_2][Br_2]=0.7+X\Rightarrow \boxed{[H_2][Br_2]=0.7+0.233}\Rightarrow [H_2][Br_2]=0.933(mole/L)$$

$$\boxed{(HBr)_{(mole)}} = M\left(\frac{mole}{L}\right) \times V(L) \Rightarrow \boxed{(HBr)_{(mole)} = 0.234 \times 2 = 0.468 mole}$$

$$(Br_2)_{(mole)} = M\frac{mole}{L} \times V(L) \Rightarrow \boxed{(Br_2)_{(mole)} = 0.933 \times 2 = 1.866 mole}$$

س وضح العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وقيمة حاصل التفاعل Q للتفاعل الاتي :

$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$ ترتبط ΔG غير قياسية مع ΔG^0 لهذا التفاعل العام بالعلاقة الاتية :

$\Delta G = \Delta G^0 + RTIn\frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \rightarrow (1)$ حيث ان R يمثل ثابت الغازات يساوي $R = 8.314(J/K.mol)$

و T درجة الحرارة بوحدة الكلفن ومن حاصل القسمة في المعادلة الاولى تصبح بالشكل الاتي :

$\Delta G = \Delta G^0 + RTInQ \rightarrow (2)$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان تصبح $(\Delta G^0 = 0)$ و $(Q = K_{eq})$

تصبح المعادلة رقم 2 بالشكل التالي $\Delta G^0 = -RTInK_{eq} \rightarrow (3)$ ويمكن اعتبار K_{eq} هو K_P, K_C,

---

س اهمية المعادلة الاتية $\Delta G^0 = -RTInK_{eq}$ وما هي العلاقة بين ΔG^0 و K_{eq} ؟

ج/ لأنها تمكننا من معرفة التغير في الطاقة القياسية ΔG^0 ومن معرفة ثابت الاتزان K_{eq}

العلاقة عكسية بينهما وكما مبين في الجدول التالي :

K_{eq}	$In\ K_{eq}$	ΔG^0	الملاحظات
$K_{eq}>1$	موجبة (+)	سالبة(-)	يجري التفاعل تلقائياً باتجاه النواتج
$K_{eq}=1$	0	0	التفاعل في حالة اتزان(النسبة ثابتة بين النواتج والمتفاعلات)
$K_{eq}<1$	سالبة(-)	موجبة	لا يجري التفاعل تلقائياً ويتجه باتجاه المتفاعلات (اي التفاعل عكسي)

مثال (13-2) مهم اذا علمت ان ΔG^0 للتفاعل التالي تساوي $\Delta G^0 = -104KJ/mole$ عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm

$$CCl_{4(l)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

ج/ نحول درجة الحرارة من وحدة C^0 الى K

$$T(K) = tC^0 + 273 = \boxed{T(K) = 25 + 278 = 298K}$$

$$\Delta G^0(J/mole) = \Delta G^0(KJ/mole) \times \frac{1000(j)}{1KJ}$$

$$\boxed{\Delta G^0(J/mole) =} -104(KJ/mole) \times \frac{1000(J)}{1KJ}$$

$$\boxed{\Delta G^0(J/mole) = -104000(J/mole)}$$

$$\Delta G^0 = -RTlnK_{eq} \Rightarrow -104000(J/mole) = -8.314(J/mole) \times 298K\,lnK_{eq}$$

$$-104000(J/mole) = -2477.572(J/mole)K\,lnK_{eq}$$

$$\ln K_{eq} = \frac{-104000\,(J/mole)}{-2477.572\,(J/mole)} = 41.97658 \Rightarrow \frac{\ln K_{eq}}{e} = e^{41.97658}$$

$$K_{eq} = 1.699 \times 10^{18} \approx 1.7 \times 10^{18}$$

س/ كيف يمكن حساب ثابت الاتزان K_{eq}

$$1)\Delta G^0 = \sum n\Delta G_F{}^0(P) - \sum n\Delta G_F{}^0(R)$$

$$2)T(K) = tC^0 + 273$$

$$3)\Delta G^0 = -RT\ln K_{eq}$$

تمرين (2-16) احسب ثابت الاتزان K_P للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1 atm

$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي:

$\Delta G^0_{(H2O)} = -237KJ/mol$ بين هل هذا التفاعل تلقائياً في درجة حرارة $25C^0$

ج/ 8×10^{-84} ولا يحدث تلقائيا

الاجابة :-

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

$$\Delta G^0{}_F = \quad -233KJ/mole \qquad 0 \qquad 0$$

$$1)\Delta G^0 = \sum n\Delta G^0_F(P) - \sum n\Delta G^0_F(R)$$

$$\Delta G^0 = [(2X0)+0] - [2(-237)] \Rightarrow \Delta G^0 = +474(KJ)$$

$$\boxed{\Delta G^0 = 474 \times 1000 = 474000(J)}$$

نحول KJ الى J نضرب × 1000 لا يحدث تلقائياً

$$2)T(K) = tC^0 + 273 \Rightarrow \boxed{T(K) = 25 + 273 = 298K}$$

$$3)\Delta G^0 = -RT\ln K_P \Rightarrow 474000(J) = -(8.314 \times 298)\ln K_P$$

$$\ln K_P = \frac{474000}{-2477.572} \Rightarrow \ln K_P = -191.316 \Rightarrow \frac{\ln}{e} K_P = e^{-191.316} \Rightarrow \boxed{K_P = 8 \times 10^{-84}}$$

قاعدة لوشاتلية :- اهميتها في دراسة العوامل الخارجية على موضع الاتزان الذي هو مدى انحراف الاتزان لتكوين المواد الناتجة او المتفاعلة وصولاً الى حالة الاتزان مجدداً وتعرف هي :

اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة

س / ماهي العوامل المؤثرة على حالة الاتزان ؟

1) تأثير التغير في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة على موضع الاتزان

2) تأثير الضغط او حجم اناء التفاعل على موضع الاتزان

3) تأثير درجة الحرارة على موضع الاتزان وقيمة ثابت الاتزان 4) تأثير اضافة العامل المساعد

س/ في التفاعل الغازي التالي : $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$ **وضح ما يلي :**

1) اضافة زيادة من المواد المتفاعلة 2) اضافة كمية الى المواد الناتجة
3) سحب كمية من المتفاعلات 4) سحب كمية من الناتج
5)الاستمرار في انتاج غاز الامونيا بشكل مستمر ؟
ج/ 1) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي للتخلص من الزيادة باتجاه NH_3
2) يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي للتخلص من الزيادة $(N_2 + 3H_2)$
3) يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي الذي يعوض عن النقص الحاصل في المواد المتفاعلة
4) يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي الذي يعوض النقص الحاصل في المواد الناتجة
5) تعتبر عملية نقص او زيادة احد التراكيز في المتفاعلات المتزنة احد الطرائق الصناعية او المختبرية لزيادة المنتوج لغا الامونيا

ملاحظة في حالة الاضافة يتجه التفاعل باتجاه الذي يقلل هذه الزيادة في حالة السحب يتجه باتجاه السحب لسد النقص
س/ وضح تأثير اضافة أحد المتفاعلات او النواتج على موضع الاتزان للتفاعل : $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$
ج/ في حالة الاضافة يتجه بالاتجاه الذي يقلل من الزيادة ان كان من المواد المتفاعلة يتجه بالاتجاه الامامي اي نحو النواتج وان كان الاضافة الى المواد الناتجة يتجه نحو المتفاعلات للتخلص من الزيادة (تفاعل خلفي)

س/ ما تأثير النقص او الزيادة بالضغط وما هي العلاقة بين الضغط والحجم ؟

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

1) اذا كان النظام المتزن مصحوب بنقص في الحجم وزيادة بالضغط نلاحظ قيمة $\Delta n_{(g)} = 2 - 3 = -1$ اي صاحب التفاعل نقص في الحجم الكلي وزيادة الضغط اذن يتجه التفاعل نحو النقص بالحجم اي باتجاه النواتج اما في حالة نقصان بالضغط وزيادة بالحجم فان التفاعل يتجه باتجاه عدد المولات الاكبر اي باتجاه المتفاعلات (تفاعل خلفي)
2) اذا كان النظام المتزن مصحوباً بزيادة في الحجم للتفاعل الآتي: $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$
ج/ نلاحظ في التفاعل ان قيمة ($\Delta n_{(g)} = 3 - 2 = 1$)اي التفاعل يصاحبه زيادة في الحجم الكلي (وهذا يحدث عندما يكون حجم النواتج اكبر من حجم المتفاعلات)
وعند زيادة الضغط يتجه نحو المولات الاقل اي باتجاه المتفاعلات (خلفي)
وعند نقصان بالضغط يتجه نحو المولات الأكبر اي باتجاه النواتج (امامي)
3) اذا كان النظام غير مصحوب بتغير في الحجم تكون قيمة $\Delta n_{(g)} = 0$ كما في التفاعل الآتي : $C_{(S)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ لا يحدث تأثير بالحجم ولا يؤثر تغير الضغط او حجم الاناء على خليط الاتزان وبالتالي يبقى موضع الاتزان ثابتاً دون تغير .: **العلاقة عكسية بين الضغط والحجم بينما بين الحجم المولات علاقة طردية**
ويمكن الاختصار حسب الجدول الآتي :

التغير	انحراف الاتزان
زيادة الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها
نقصان الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاكثر من غيرها
زيادة الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاكثر من غيرها
نقصان الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها

س ماهي التفاعلات الحرارية وما تأثير درجة الحرارة
ج/ اولاً:- التفاعلات الماصة للحرارة **(ΔH=+) مولات النواتج > من مولات المتفاعلات**

اي طاقة النواتج > من طاقة المتفاعلات وتكون في حالة الزيادة بالحرارة التفاعل ماص وفي حالة نقصان الحرارة يكون التفاعل باعث للحرارة مثال على ذلك :
مثال/ وضح في حالة الزيادة والنقصان بالحرارة في التفاعل الاتي :

$CaCO_{3(s)}$+ طاقة ⇌ $CaO_{(g)} + CO_{2(g)}$

اذن التفاعل ماص للحرارة (عند وجود لطاقة في المتفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة) عند زيادة الحرارة فان التفاعل ينزاح باتجاه النواتج حيث تمتص كاربونات الكالسيوم جزءاً من هذه الحرارة لتكوين النواتج
اما عند تبريده فان التفاعل سوف ينزاح باتجاه تكوين $CaCO_3$ وانبعاث كمية حرارة تكافئ الحرارة التي خفض اليها التفاعل
ثانياً :-التفاعلات الباعثة للحرارة (-ΔH=) مولات النواتج > من مولات المتفاعلات
اي طاقة النواتج > من طاقة المتفاعلات وتكون في حالة الزيادة بالحرارة التفاعل ماص وفي حالة نقصان الحرارة يكون التفاعل باعث للحرارة مثال على ذلك :
مثال/ وضح في حالة الزيادة والنقصان بالحرارة في التفاعل الاتي :

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$ + طاقة

عند تبريد التفاعل فان الاتزان ينزاح باتجاه النواتج لبعث كمية من الحرارة تكافئ جزءاً من الحرارة التي خفض ايها التفاعل ان قيمة(-ΔH=) وعند زيادة درجة الحرارة فان الاتزان ينزاح باتجاه المتفاعلات بامتصاص جزأ من الزيادة في الحرارة ويمكن تلخيص تأثير درجة الحرارة على حالة الاتزان الكيميائي وثابت الاتزان K_{eq} كما كما مبين في الجدول التالي :

التغير	تفاعل باعث للحرارة	تفاعل ماص للحرارة
زيادة درجة الحرارة	ينزاح نحو المتفاعلات وتقل قيمة K_{eq}	ينزاح نحو النواتج وتزداد قيمة K_{eq}
نقصان درجة الحرارة	ينزاح نحو النواتج وتزداد قيمة K_{eq}	ينزاح نحو المتفاعلات وتقل قيمة K_{eq}

*زيادة درجة الحرارة تفاعل ماص للحرارة (مولات النواتج اكبر من مولات المتفاعلات)
* نقصان(تبريد) درجة الحرارة فان التفاعل باعث للحرارة (مولات المتفاعلات اكبر من مولات النواتج)

س / ما تأثير أضافة العامل المساعد ؟ ج/ لا تؤثر على موضع الاتزان وقيمة ثابت الاتزان تؤدي زيادة سرعة التفاعل وصولاً الى حالة الاتزان ويؤثر على طاقة التنشيط
س/ ما تأثير العوامل المؤثرة على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان بثبوت درجة الحرارة؟
ينزاح موضع الاتزان ولا يؤثر على قيمة ثابت الاتزان اي النسبة بين النواتج والمتفاعلات تبقى ثابتة وقيمة K_{eq} تتغير فقط بتغير درجة الحرارة

ملاحظة / اذا كانت قيمة K_c كبيرة يكون اتجاه التفاعل نحو النواتج واذا كانت قيمته صغيره يكون اتجاه التفاعل نحو المتفاعلات اذن العلاقة K_c مع النواتج طردياً وعكسياً مع المتفاعلات

تمرين (2-17)
للتفاعل المتزن الاتي: $2BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)}$ $\boxed{\Delta H = 858KJ}$ عند درجة حرارة
1000K و K_p للتفاعل تساوي 7.4×10^{-16} بين هل ان قيمة K_p عند 1500K للتفاعل اكبر ام اقل من قيمتها عند 1000K للتفاعل نفسه الجواب/

$$2BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)} \quad \boxed{\Delta H = 858KJ}$$

التفاعل ماص للحرارة وعند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو النواتج لامتصاص جزء من الزيادة وبالتالي تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات اي تزداد قيمة K_p (K_pعلاقته مع درجة الحرارة طردية)

تمرين(2-18) للتفاعل المتزن الاتي $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$ $\boxed{\Delta H = 428KJ / mole}$

ما تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان ؟
1) زيادة الضغط على التفاعل وذلك بانقاص حجم الاناء 2) زيادة الضغط بإضافة مزيد من O_2 الى النظام
3) خفض درجة الحرارة 4) اضافة عامل مساعد

الاجابة / $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$ $\boxed{\Delta H = 428KJ/mole}$

1) يتجه نحو النواتج(الاقل مولات)لا يتأثر K_{eq} $\Delta n_g = 2-3=-1 \Rightarrow$
2) يتجه نحو النواتج (الاقل مولات) ولا تتأثر K_{eq}
3) يتجه نحو المتفاعلات(الاكثر مولات) تفاعل باعث للحرارة وان K_{eq} تقل
4) لا يؤثر على اتجاه التفاعل ولا على K_{eq} اي يزيد من سرعة التفاعل وصولاً الى حالة الاتزان

تمرين(2-19)
يصل مزيج الغازات C_2H_4 , H_2 , C_2H_6 الموضوعة في وعاء مغلق عند $25C^0$ الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي $C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/mole$
صف عدد من الاجراءات التي تؤدي الى رفع كمية C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل
الاجابة:-
1)المحافظة على تراكيز غازي(H_2 , C_2H_4)عالي دائماً ويستمر التفاعل
2)سحب كمية من C_2H_6 تكون بشكل مستمر من خليط الاتزان
3)اضافة العامل المساعد للوصول الى حالة الاتزان بسرعة اكبر نحو (C_2H_6)
4) زيادة الضغط على اناء التفاعل او تقليل حجمه

اجوبة أسئلة الفصل الثاني

س (2-1) املاء الفراغات في الجمل التالية بما يناسبها :

1- في التفاعل المتزن: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تراكيز المواد (الناتجة لان التفاعل باعث للحرارة)

2- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان K_C لنظام متزن عند $500C^0$ تساوي 2×10^{-15} وقيمة عند $200C^0$ تساوي 4×10^{-12} فان ذلك يدل على ان التفاعل (باعث للحرارة لان قيمة ثابت الاتزان تكبر أي تزداد تراكيز النواتج)

3- في التفاعل المتزن : $CO_{(g)} 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + 127KJ$ عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام المتزن فان حرارة التفاعل (ترتفع)

4- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحوتكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند (ترتفع) درجة الحرارة

5- في التفاعل المتزن : $CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ فان (انخفاض) الضغط يزيد من استهلاك غاز CO_2

6- في التفاعل المتزن : $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ فان رفع درجة الحرارة لاناء التفاعل يعمل على (زيادة) قيمة K_C للتفاعل

7- التغير (بالضغط)لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الاتي : $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

8- للتفاعل المتزن : طاقة + $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ يمكن زيادة تركيز HCl الناتج عند (خفض) الحرارة للتفاعل

9- في التفاعل المتزن $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ وبدرجة حرارة معينة اذا كانت قيمة K_P للتفاعل تساوي=3 والضغط الجزئي لغاز NO_2 عند الاتزان يساوي 3atm والضغط الجزئي لغاز N_2O_4 عند الاتزان يساوي (3atm)

10- في التفاعل المتزن الاتي : $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ بدرجة حرارة معينة وجد K_C للتفاعل = 1×10^{28} فهذا يدل على ان موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين (النواتج)

11- عندما تكون K_P اصغر من K_C فان مجموع عدد مولات المواد المتفاعلة (اكبر) من مجموع عدد مولات المواد الناتجة

12 – اذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل اصغر من ثابت الاتزان K_C للتفاعل فان التفاعل يتجه نحو المواد(الناتجة)

13- عند زيادة الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد المولات للغازات المتفاعلة اصغر من عدد مولات الغازات الناتجة فان موضع الاتزان ينحرف باتجاه (المتفاعلات)

14- العلاقة بين ثابت الاتزان K_C وتراكيز النواتج علاقة (طردية)

15- عند تقليل الصغط في خليط متزن $\left(\Delta n_{(g)} = -1\right)$ فالتفاعل ينزاح نحو (المتفاعلات) وثابت الاتزان K_C (لايتأثر)

16- تفاعل متزن ثابت اتزان $K_C = 4$ فعند سحب النواتج من خليط الاتزان فان ثابت الاتزان (لايتأثر)

17- عندما $\Delta n_{(g)} =$ صفر لايكون للضغط المسلط على التفاعل الغازي تأثير في حالة الاتزان

18- يترجح التفاعل (الخلفي) لتفاعل متزن ماص للحرارة عند تبريد اناء التفاعل

19- في التفاعلات الماصة للحرارة والتي هي في حالة اتزان ديناميكي تزداد تراكيز المواد الناتجة عند (زيادة) درجة الحرارة

20- في تفاعل متزن وجد ان $K_C = \frac{K_P}{RT}$ ما يدل على ان مجموع مولات المواد الغازية الناتجة في هذا التفاعل (اكبر) من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة

س(2-2) اختر الجواب الصحيح

1- ثابت الاتزان K_C للتفاعل المتزن $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ عند درجة حرارة $727C^0$ تبلغ 4.17×10^{-2} فان اتجاه التفاعل عند خلط 0.4M من SO_3 و 0.1M من O_2 و 0.02M من SO_2 تكون

آ) باتجاه المواد المتفاعلة ب) باتجاه المواد الناتجة
ج) التفاعل في حالة اتزان ديناميكي د) كل الاجابات السابقة خاطئة الاختيار (آ)

2- التفاعل المتزن $CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CaO_{(S)} + CO_{2(g)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما : آ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان ب- يزداد الضغط الكلي
ج- تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان د- كل الاجابات السابقة خاطئة الاختيار ب

3- التفاعل المتزن $I_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2IF_{(g)}$ ثابت الاتزان $K_C = 1\times10^6$ بدرجة حرارة 200K فاذا كان الضغط الجزئي عند الاتزان 0.2atm لغاز IF و 4×10^{-3} لغاز F_2 فان الضغط الجزئي لغاز I_2 يساوي : آ- 5×10^4atm ب- $1\times10^{-5}atm$ ج- 1×10^5atm
د- كل الاجابات السابقة خاطئة الاختيار (ب)

4- اذا كانت قيمة K_C للتفاعل $Li_{(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons LiI_{(g)}$ عند 300K تساوي 640.3 فان قيمة K_C للتفاعل : $2LiI_{(g)} \rightleftharpoons 2Li_{(g)} + I_{2(g)}$ عند درجة حرارة نفسها تساوي :

آ- 25.3 ب- 41×10^4 ج - 15.6×10^4 د- كل الاجابات السابقة خاطئة **الاختيار (د)**

5- عند مزج محلول K_2CrO_4 مع محلول HCl فانه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة الايونية الاتية :

$$CrO_4{}^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O_7{}^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

اصفر برتقالي

فاذا اردنا ان نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الاناء فأننا نقوم بالاتي :

آ- نضيف مزيد من الماء ب- نضيف مزيد من HCl ج- نضيف مزيد من $K_2Cr_2O_7$

د- كل الاجابات السابقة خاطئة **الاختيار (ب)**

6- عند اضافة محلول NaOH الى المزيج في السؤال السابق فاننا نتوقع ان يحدث

آ- زيادة بتركيز $Cr_2O_7{}^{2-}$ ب- زيادة بتركيز H_2O ج- نقص بتركيز $Cr_2O_7{}^{2-}$ **الاختيار (ب)**

7- للتفاعل المتزن $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ للتفاعل عند $25C^0$ تساوي 5.5×10^{-5} لذا فان قيمة K_C للتفاعل تساوي

آ- 22513.3 ب- 9×10^4 ج- 0.03 د- كل الاجابات السابقة خاطئة **الاختيار(ج)**

8- للتفاعل المتزن $Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(g)}$ قيمة K_P عند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة 4000K وقيمة K_F للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فان قيمة K_b تساوي

آ- 0.2 ب- 20 ج- 7.8 د- كل الاجابات السابقة خاطئة **الاختيار(د)**

9- للتفاعل المتزن $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ ثابت الاتزان $K_P = 2$ فان التفاعل يتجه نحو النواتج عندما تكون التراكيز للمواد الناتجة والمتفاعلة (بوحدات $mole/L$) هي الاتي :

آ- تركيز HI يساوي 0.1 وتركيز I_2 يساوي 0.05 وتركيز H_2 يساوي 0.05

ب- تركيز HI يساوي 0.4 وتركيز I_2 يساوي 0.1 وتركيز H_2 يساوي 0.2

ج- تركيز HI يساوي 0.001 وتركيز I_2 يساوي 0.0002 وتركيز H_2 يساوي 0.0025

د- كل الاجابات السابقة خاطئة **الاختيار (د)**

س(2-3) علل ما يأتي

1- زيادة حجم اناء التفاعل لتفاعل غازي $\Delta n_{(g)}(Reactants) > \Delta n_{(g)}(Products)$ يؤدي الى خفض المنتوج

2- في التفاعل الافتراضي المتزن:طاقة $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$ لا تتغير حرارة اناء التفاعل عند زيادة الضغط الكلي

3- قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جداً

4- ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة عندما $K_C = 0.3$ و $Q = 1$

5- يعد التفاعل باعثاً للحرارة اذا أنخفضت قيمة K_C للتفاعل عند زيادة درجة حرارة التفاعل

6- قيمة K_C تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة

7- زيادة الضغط على خليط متوازن $(\Delta n_{(g)} = +1)$ فان الاتزان ينزاح بأتجاه المتفاعلات

8- تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات اخرى وكأنها متوقفة

9- في التفاعل المتزن الاتي $SO_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons$ طاقة + $SO_2Cl_{2(g)}$ ترتفع حرارة التفاعل عند اضافة SO_2 الى خليط الاتزان الاجابة:-

1) بما ان مولات الناتج أقل من مولات المتفاعل لذا عند زيادة الحجم يؤدي الى اتجاه التفاعل نحو المولات الاكبر اي باتجاه الحجوم الكبيرة اي بالاتجاه العكسي اي تقل انتاجية الناتج

2)لان عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو المولات الأقل ولان المولات متساوية للمواد الناتجة والمتفاعلة لذا لا يتأثر موضع الاتزان ولن تتغير درجة الحرارة كمية الحرارة الممتصة = كمية الحرارة المكتسبة

3) لان احد تراكيزها او جميعها يستهلك تماماً اي يساوي صفر فان كمية الناتج كبيرة جداً لذا تكون قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً

4)لان قيمة حاصل التفاعل اكبر من قيمة ثابت الاتزان $K_c < Q$ فالتفاعل يتجه نحو المتفاعلات(خلفي وباعث للحرارة) تفاعل عكسي لان التفاعل ماص وامامي

5)انخفاض قيمةK_c تعني انخفاض تراكيز النواتج وزيادة تراكيز المتفاعلات ويتجه التفاعل نحو الخلف (ماص للحرارة)والتفاعل الامامي باعث للحرارة لذا يعتبر باعث للحرارة

6) عند رفع درجة الحرارة فالتفاعل يتجه نحو الماص للحرارة للتقليل من الفائض اي يتجه نحو النواتج وتزداد تراكيزها لان قيمةK_c تتناسب طردياً مع النواتج لذا تزداد قيمةK_c

7) لان مولات النواتج اكبر من مولات المتفاعلات $(\Delta n_g=+)$وعند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو المولات الأقل(حجماً)لذا يتجه نحو المتفاعلات

8) التفاعلات التي تتوقف هي تفاعلات تامة لأنه يحدث استهلاك تام لأحد او جميع المواد المتفاعلة واما التي يظهر كأنها متوقفة فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين ووصلت الى حالة الاتزان واصبحت التراكيز ثابتة

9) تزداد تراكيز النواتج عند الاضافة للتخلص من الزيادة يتجه نحو المتفاعلات اي يتحول قسم من تراكيزها الى SO_2Cl_2 اي ينزاح نحو الخلف لان التفاعل ماص للحرارة فان التفاعل الخلفي باعث للحرارة وتصبح كمية الحرارة المنبعثة اكبر من كمية الحرارة الممتصة بالاتجاه الامامي لذا ترتفع حرارة التفاعل

س (2-5) للتفاعل الغازي الباعث للحرارة $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا

1- عند زيادة الضغط المسلط على التفاعل المتزن 2- رفع درجة حرارة اثناء التفاعل

2- سحب غاز N_2O_4 المتكون عند الاتزان .الاجابة:-

1) عند زيادة الضغط المسلط على التفاعل المتزن يتجه نحو النواتج الأقل مولات

2)رفع درجة حرارة أثناء التفاعل يتجه نحو المتفاعلات (عكسي)

3) سحب غاز N_2O_4 يتجه نحو النواتج لسد النقص المسحوب من N_2O_4

س(2-6) التفاعل الغازي المتزن الاتي : $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ انثالبي التفاعل تساوي $92.5(KJ/mol)$ ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان

1- خفض درجة الحرارة 2- اضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان 3- سحب PCl_3 من خليط الاتزان

4- زيادة الضغط على خليط الاتزان 5- اضافة عامل مساعد

الاجابة:- بما ان التفاعل ماص للحرارة فان

1) خفض درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات (باعث للحرارة) وتقل كمية K_{eq}

2) يتجه نحو المتفاعلات (عكسي) للتخلص من الزيادة ولا يتأثر K_{eq}

3) يتجه نحو النواتج (أمامي) لسد النقص من التفكك PCl_5 والتفاعل ماص للحرارة ولا يتأثر K_{eq}

4) يتجه نحو اقل مولات وهي المتفاعلات PCl_5

5) يزيد من سرعة التفاعل وصولا إلى حالة الاتزان وبزمن اقل ولكن موضع الاتزان لا يتأثر و K_{eq} ثابتة

س(2-7) التفاعل المتزن الاتي : $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ انثالبي التفاعل تساوي 198.2KJ– ماذا يحدث تراكيز (SO_3, O_2, SO_2) عند الاتزان بعد: 1- زيادة درجة حرارة التفاعل
2- تقليل الضغط المسلط على التفاعل 3- زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان 4- اضافة عامل مساعد

الاجابة:- بما ان التفاعل باعث للحرارة فان
1)زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل الخلفي باتجاه المتفاعلات (ماص للحرارة) يقل تركيز SO_3ويزداد تراكيز O_2 , SO_2
2) تقليل الضغط نحو المتفاعلات يقل تركيز SO_3 ويزداد تراكيز O_2 , SO_2
3) نحو النواتج زيادة SO_3 ويقل تركيز O_2 و SO_2 4) لا يتأثر

س(2-8) هل يؤدي دائماً رفع درجة حرارة اي تفاعل في حالة الاتزان الى زيادة في تراكيز النواتج اذا كانت اجابتك بالنفي فما التفاعلات التي تؤدي او لا تؤدي الى زيادة النواتج ؟ بين ذلك مع ذكر أمثلة

الاجابة:- لا يؤدي ومن الامثلة :
1)التفاعلات التي تؤدي رفع درجة الحرارة إلى زيادة تراكيز المواد الناتجة هي ماصة للحرارة($\Delta H = +$) ونستخدم الحرارة الفائضة لتكوين النواتج مما يؤدي إلى زيادة تراكيز النواتج
2) التفاعلات التي لا تؤدي رفع درجة الحرارة إلى زيادة تراكيز النواتج هي تفاعلات باعث $(\Delta H = -)$ الحرارة الفائضة لتكوين المتفاعلات مما يقل تراكيز النواتج

س(2-9) للتفاعل المتزن الباعث للحرارة $2PbS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$ وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان
1- خفض الضغط المسلط على التفاعل 2- تبريد اناء التفاعل

الاجابة:-: للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة $2PbS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$
1) خفض الضغط يتجه نحو المولات الأكبر أي باتجاه المتفاعلات (خلفي)
2)يتجه نحو النواتج (أمامي) نحو الأقل مولات

س(2-10) التفاعل الاتي الماص للحرارة يجري في اناء مغلق $CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$
ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الاتي : 1- تقليل حجم الاناء 2- اضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان
3- سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان 4- اضافة مزيد من CO_2 لخليط الاتزان 5- زيادة درجة الحرارة

الاجابة:-: التفاعل الآتي الماص للحرارة $CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$
1) تقليل حجم الإناء نحو الأقل مولات(خلفي)نحو المتفاعلات وعلاقة الحجم طردية مع المولات
2) لا يؤثر على حالة الاتزان. 3) لا يؤثر على حالة الاتزان
4) تفاعل خلفي نحو المتفاعلات 5) يتجه نحو النواتج إي التفاعل أمامي ماص للحرارة

س(2-11) عند تسخين غاز NOCl النقي الى درجة $240C^0$ في اناء مغلق حجمه لتر يتحلل حسب المعادلة $2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتزان يساوي 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.64atm احسب 1- الضغوط الجزئية لكل من غازي NO, Cl_2. 2- ثابت الاتزان K_C للتفاعل عند درجة حرارة . ج : $(1) 0.12atm, 0.24atm (2) 4\times10^{-4}$

الاجابة :- بما ان الحجم واحد لتر فان المولارية تساوي عدد المولات

المعادلة الموزونة	$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons$	$2NO_{(g)}$	$+ Cl_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	y	0.0	0.0
التغير بالضغط	-2X	+2X	+X
الضغط عند الاتزان	y-2X	+2X	+X
المتكون(المستخرج)	0.64	0.24	0.12

$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl} \Rightarrow 1 = 0.64 + 2X + X \Rightarrow 1 = 0.64 + 3X$$

وبالتعويض بالضغط عند الاتزان $3X = 1 - 0.64 \Rightarrow 3X = 0.36 \Rightarrow X = \frac{0.36}{3} = 0.12atm$

$$P_{NO} = 2X \Rightarrow \boxed{P_{NO} = 2(0.12) \Rightarrow P_{NO} = 0.24(atm)} \Rightarrow P_{Cl_2} = X$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{Cl_2} = 0.12(atm)} \Rightarrow K_P = \frac{P^2{}_{NO} P_{Cl_2}}{P^2{}_{NOCl}} \Rightarrow K_P = \frac{\left(\cancel{0.24}^{3}\right)^2 (0.12)}{\left(\cancel{0.64}^{8}\right)^2}$$

$$K_P = \frac{9(0.12)}{(8)^2} \Rightarrow K_P = \frac{1.08}{64} \Rightarrow K_P = 16.9 \times 10^{-3} \Rightarrow \Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R)$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta n_g = 3 - 2 = 1mole} \Rightarrow K_C = K_P \times (RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow$$

$$K_C = 16 \times 10^{-3}\left[0.082 \times (240 + 273)\right]^{-1} \Rightarrow K_C = \frac{16 \times 10^{-3}}{\left[0.082 \times (240 + 273)\right]} \Rightarrow$$

$$K_C = \frac{16 \times 10^{-3}}{[0.082 \times 513]} \Rightarrow K_C = \frac{16 \times 10^{-3}}{42.066} = 0.4017 \times 10^{-3} \approx K_C = 4.0 \times 10^{-4}$$

س(2-12) التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزئية $P_{NO_2} = 1.56atm$ و $P_{N_2O_4} = 0.377atm$ عند درجة حرارة $100C^0$

احسب 1- K_C و K_P للتفاعل 2- ماذا يحدث للضغوط الجزئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد

الاجابة:-1

$$\underset{0.377}{N_2O_{4(g)}} \rightleftharpoons \underset{1.56}{2NO_{2(g)}} \Rightarrow K_P = \frac{P^2{}_{NO_2}}{P_{N_2O_4}} \Rightarrow K_P = \frac{(1.56)^2}{0.377} = 6.46$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R) \Rightarrow \Delta n_g = 2 - 1 = 1mole$$

$$K_C = KP(RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow K_C = 6.46\left[0.082 \times (100 + 273)\right]^{-1}$$

$$\Rightarrow K_C = \frac{6.46}{(0.082 + 373)} \Rightarrow K_C = \frac{6.46}{30.586} = 0.21$$

2) لا يؤثر بل يزيد من سرعة التفاعل وصولاً الى حالة الاتزان

س(2-13) للتفاعل المتزن $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$ من خلال الجدول التالي احسب K_C,K_P للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص ام باعث للحرارة

	$A(mole/L)$	$B(mole/L)$	درجة الحرارة / C^0
(1	0.0125	0.843	200
(2	0.171	0.764	300
(3	0.250	0.724	400

الاجابة:-

$$1)K_C=\frac{[B]^2}{[A]}\Rightarrow K_C=\frac{(0.843)^2}{0.0125}\Rightarrow K_C=\frac{0.710649}{0.0125}=56.85$$

$$2)K_C=\frac{[B]^2}{[A]}\Rightarrow K_C=\frac{(0.724)^2}{0.171}\Rightarrow K_C=\frac{0.583696}{0.171}=3.41$$

$$3)K_C=\frac{[B]^2}{[A]}\Rightarrow K_C=\frac{(0.724)^2}{0.250}\Rightarrow K_C=\frac{0.524176}{0.250}=2.09$$

$$1)\Delta n_g=\sum n_g(P)-\sum n_g(R)\Rightarrow \Delta n_g=2-1=1$$

$$K_P=K_C(RT)^{\Delta n_g}\Rightarrow K_P=56.85(0.082\times 473)^1$$

$$\Rightarrow K_P=56.85\times 38.786\Rightarrow \boxed{K_P=2204.9841}$$

$$2)K_P=K_C(RT)^{\Delta n_g}\Rightarrow K_P=3.41(0.082\times 573)$$

$$\Rightarrow K_P=3.41\times 47=160.27\Rightarrow (3)K_P=K_C(RT)^{\Delta n_g}\Rightarrow$$

$$K_P=2.09(0.082\times 673)\Rightarrow K_P=2.09\times 55.18\Rightarrow \boxed{K_P=115.32}$$

علاقة K_P وK_C مع درجة الحرارة عكسية في زيادة في درجة الحرارة تقل K_P وK_C والتفاعل باعث للحرارة اما في انخفاض درجة الحرارة تزداد K_C وK_P والتفاعل ماص للحرارة اذن التفاعل باعث

س(2-14) يتزن التفاعل الاتي $N_{2(g)}+3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ عند درجة $377C^0$ وقيمة ثابت الاتزان K_C تساوي 1.96 احسب قيم ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية وبنفس درجة الحرارة

آ- $NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)}+3H_{2(g)}$ ب - $\frac{1}{2}N_{2(g)}+\frac{3}{2}H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

ج - $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)}+\frac{3}{2}H_{2(g)}$ ج / آ) 0.51 ، ب) 1.4   ج) 0.7

الاجابة :- نلاحظ ان المعادلة (آ) هي مقلوب المعادلة الاصلية

$$K_{C_2}=\frac{1}{K_{C_1}}\Rightarrow K_{C_2}=\frac{1}{1.96}\Rightarrow K_{C_2}=0.51$$

(ب) هي نفس المعادلة الاصلية الا انها مضروبة في نصف أي جذر K_{C_1}

$$K_{C_3}=\sqrt{K_{C_1}}\Rightarrow K_{C_3}=\sqrt{1.96}=1.4$$

(ج) هي عكس المعادلة الاصلية ومضروبة في $\left(\frac{1}{2}\right)$ اي مقلوب K_{C1} مع جذرها

$$K_{C4}=\left(\frac{1}{K_{C1}}\right)^{\frac{1}{2}}\Rightarrow K_{C4}=\sqrt{\frac{1}{1.96}}\Rightarrow K_{C4}=\sqrt{1.4}=0.7$$

س(2-15) ثابت الاتزان K_C يساوي 4.2×10^{-7} للتفاعل المتزن $CO_2+H_2O\rightleftharpoons H^++HCO_3^-$
و K_C 4.7×10^{-9} للتفاعل $CaCO_{3(S)}\rightleftharpoons CO_3^{-2}+Ca^{+2}$
و K_C يساوي 4.8×10^{-11} للتفاعل $HCO_3^-\rightleftharpoons H^++CO_3^{-2}$ فما ثابت الاتزان K_C للتفاعل المتزن :
$CO_2+CaCO_{3(S)}+H_2O\rightleftharpoons Ca^{+2}+2HCO_3^-$ ج / 4.1×10^{-5} الاجابة:-

نقلب المعادلة رقم (3) ثم نجمع المعادلات وصولاً الى المعادلة المطلوبة (الاصلية)

1) $CO_{(g)}+H_2O\rightleftharpoons H^++HCO_3^-$ $K_{C1}=4.2\times10^{-7}$

2) $CaCO_{3(S)}\rightleftharpoons CO_3^{-2}+Ca^{+2}$ $K_{C2}=4.7\times10^{-9}$

3) $H^++CO_3^{-2}\rightleftharpoons HCO_3^-$ $K_{C3}=\frac{1}{4.8\times10^{-11}}$

بالجمع

$CO_{2(g)}+CaCO_{3(S)}+H_2O\rightleftharpoons Ca^{+2}+2HCO_3^-$ $K_C=?$

$$K_C=K_{C1}\times K_{C2}\times K_{C3}\Rightarrow K_C=\left(4.2\times10^{-7}\right)\times\left(4.7\times10^{-9}\right)\times\left(\frac{1}{4.8\times10^{-11}}\right)$$

$$K_C=\frac{19.74\times10^{-5}}{4.8}\Rightarrow K_C=4.1125\times10^{-5}$$

س(2-16) في التفاعل الافتراضي الغازي $2A+B\rightleftharpoons 3C$ في اناء حجمه لتر واحد وضع 3mole من B مع مولات مختلفة من A و C وعند وصول التفاعل حالة الاتزان وجد ان اناء التفاعل يحتوي على 6mole من C وكذلك 6mole من A ما عدد مولات كل من C و A قبل التفاعل علماً بان $K_C=1.5$ و $A=4mole$ و $C=9mole$

الاجابة:- بما ان حجم واحد لتر اذن المولارية = عدد المولات
نجد تركيز المادة B ثم نحدد اتجاه التفاعل وكما مبين :

$$\begin{pmatrix}2A+B\rightleftharpoons 3C\\ 6\quad B\quad 6\end{pmatrix}\Rightarrow K_C=\frac{[C]^3}{[A]^2[B]}\Rightarrow 1.5=\frac{(6)^{3^1}}{(6)^2\,(B)}$$

$$1.5=\frac{6}{B}\Rightarrow 1.5B=6\Rightarrow B=\frac{6}{1.5}\Rightarrow B=\frac{60}{15}\Rightarrow B=4$$

اذن اتجاه التفاعل خلفي لان هنالك زيادة في المادة (B)

المعادلة الموزونة	2A	B	3C
التراكيز الابتدائية	Z	3	y
التغير بالتراكيز	2X	+X	-3X
التراكيز عند الاتزان	Z+2X	3+X	y-3X
المتكون	6	4	6

تركيز المادة (B) عند الاتزان = المتكون $3+X=4\Rightarrow \boxed{X=4-3=1}$

$$Z+2X=6\Rightarrow Z+2(1)=6\boxed{Z=6-2\Rightarrow Z=4mole}\Rightarrow [A]=4mole$$

$$y-3X=6\Rightarrow y-3(1)=6\Rightarrow \boxed{y=6+3\Rightarrow y=9mole}\Rightarrow [C]=9mole$$

س(2-17) ثابت الاتزان $K_C=19.9$ بدرجة حرارة 2500K للتفاعل المتزن : $Cl_{2(g)}+F_{2(g)}\rightleftharpoons 2ClF_{(g)}$

ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز الخليط $[Cl_2]=0.2M$ و $[F_2]=1M$ و $[ClF]=1.2M$

المعادلة الموزونة	$Cl_{2(g)}$	$F_{2(g)}$	$2ClF_{(g)}$	قيمة (K_C)
التراكيز	0.2M	1 M	1.2M	19.9

$$Q=\frac{[ClF]^2}{[Cl_2][F_2]}\Rightarrow Q=\frac{(1.2)^2}{(0.2)(1)}\Rightarrow Q=\frac{1.44}{0.2}=7.2$$

بما ان $(K_C>Q)$ يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي حتى يتساوى $(K_C=Q)$

س(1-18) للتفاعل المتزن $A_2\rightleftharpoons 2A_{(g)}$ وجد انه عند وضع مول واحد A_2 في اناء التفاعل حجمه لتر واحد عند STP يصل التفاعل حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من A_2 ما قيمة K_C للتفاعل ؟ وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من A_2 عند الظروف القياسية ج / 4×10^{-4} و 0.002M

الاجابة:- .من قانون النسبة المئوية للمتحلل من (A) نجد المتفاعل منها (التغير في تركيزها)

(النسبة المئوية للمادة(A) = $\frac{\text{المتحلل}}{\text{الاصلي}}$ × 0/0 100)

$$\%(A)=\frac{A_2}{1}\times100\%\Rightarrow 1=\frac{A_2}{1}\times100\%\Rightarrow A_2\times100=1\Rightarrow A_2=\frac{1}{100}=0.01(mole/L)_2$$

المعطيات	$A_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2A_{(g)}$	$V=1\Rightarrow M(mole)/L=n(mole)$
التراكيز الابتدائية	1	0.0	المتحلل= التغير في التركيز X=0.01M وبالتعويض بالتركيز عند الاتزان :
التغير في التراكيز	-X	+2X	
التراكيز عند الاتزان	(1-X)	2X	

$$[A_2]=1-X \Rightarrow [A_2]=1-0.01 \Rightarrow [A_2]=0.99$$

$$[A]=2X \Rightarrow \boxed{A=2(0.01)=0.02(mole/L)} \Rightarrow K_C=\frac{[A]^2}{[A_2]} \Rightarrow$$

$$K_C=\frac{(0.02)^2}{(0.99)} \Rightarrow K_C=\frac{0.0004}{0.99} \Rightarrow K_C=\frac{0.04}{99}=4.0\times10^{-4} \Rightarrow$$

$$K_C=\frac{[A]^2}{0.01} \Rightarrow 4\times10^{-4}=\frac{[A]^2}{0.01} \Rightarrow [A]^2=4\times10^{-6} \Rightarrow [A]=2\times10^{-3}$$

$$\Rightarrow A=0.002(mole/L)$$

س(19-2) للتفاعل المتزن الاتي $3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$ وجد ان ثابت الاتزان K_C ساوي 147.6 وبدلالة K_P يساوي 6 بدرجة حرارة $27C^0$ جد قيمة a في المعادلة ج / 2

الاجابة:-

$$\Delta n_g=\sum n_g(P)-\sum n_g(R) \Rightarrow \boxed{\Delta n_g=a-3} \Rightarrow T(K)=tC^0+273$$

$$\Rightarrow T(K)=27+273=300K$$

$$K_C=KP(RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow 147.6=6(0.082\times300)^{-(a-3)}$$

$$147.6=6(24.6)^{-a+3} \Rightarrow (24.6)^{-a+3}=\frac{147.6}{6} \Rightarrow (24.6)^{-a+3}=(24.6)$$

اذا تساوي الأساسات تساوى

$$-a+3=1 \Rightarrow 3-1=a \Rightarrow \boxed{a=2}$$

س(20-2) للتفاعل المتزن $NiO_{(S)}+CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(S)}+CO_{2(g)}$ بدرجة حرارة $27C^0$ وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO في الفرن يساوي 304Torr والضغط الكلي يساوي 1atm ما ثابت الاتزان K_C للتفاعل (معلومة $1atm=760Torr$) ج / 1.5

الاجابة :- تحويل TOrr الى atm

$$P_{(atm)}=304(\cancel{Torr})\times\frac{1(atm)}{760(\cancel{Torr})}=0.4(atm)$$

$$\begin{pmatrix} NiO_{(S)}+CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(S)}+CO_{2(g)} \\ 0 \quad 0.4 \quad 0 \quad X \end{pmatrix} \Rightarrow P_T=P_{CO}+P_{CO_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{CO_2}=1-0.4} \Rightarrow P_{CO_2}=0.6(atm) \Rightarrow K_P=\frac{P_{CO_2}}{P_{CO}} \Rightarrow$$

$$K_P=\frac{0.6}{0.4}=1.5 \Rightarrow \Delta n_g=\sum n_g(P)-\sum n_{(g)}(R)$$

$$\Delta n_g=1-1=0 \Rightarrow \Delta n_g=0 \Rightarrow K_P=K_C=1.5$$

س(2-21) في التفاعل المتزن $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$ وجد انه ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينه وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1atm فاذا علمت ان K_P للتفاعل يساوي $1/6$ فما ضغط غازي Cl_2 و PCl_3 في بداية التفاعل

الاجابة:-

المعادلة الموزونة	$PCl_{3(g)}$	$+ Cl_{2(g)} \rightleftharpoons$	$PCl_{5(g)}$
الضغوط الابتدائية	2y	y	0.0
التغير بالضغوط	-X	-X	+X
الضغوط عند الاتزان	2y-X	y-x	X
المستخرج	Y+1	المعلوم 1	y-1

حالة الاتزان = المتكون من Cl_2

$$y - X = 1 \Rightarrow X = y - 1 \Rightarrow P_{PCl_3} = 2y - X \Rightarrow P_{PCl_3} = 2y - y + 1$$

$$P_{PCl_3} = (y+1) \Rightarrow P_{PCl_5} = X \Rightarrow P_{PCl_5} = (y-1)$$

$$K_P = \frac{P_{PCl_5}}{P_{PCl_3} P_{PCl_2}} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{(y-1)}{(y+1)(1)} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{(y-1)}{(y+1)} \Rightarrow 6y - 6 = y + 1$$

$$6y - y = 1 + 6 \Rightarrow 5y = 7 \Rightarrow y = \frac{7}{5} = 1.4(atm) \Rightarrow P_{PCl_3} = 2y$$

$$\Rightarrow P_{PCl_3} = 2(1.4) = 2.8(atm) \Rightarrow P_{Cl_2} = y \Leftrightarrow P_{Cl_2} = 1.4(atm)$$

س(2-22) للتفاعل الغازي الباعث للحرارة $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ وفي اناء تفاعل حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من I_2 و H_2 وضعفها من HI فوجد ان حرارة الاناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان ووجد ان الاناء يحتوي على 1mole من HI و 2mole من I_2 و 2mole من H_2 احسب :

1- تراكيز مكونات مزيج التفاعل قبل بدء التفاعل 2- K_C للتفاعل

الاجابة:- $V = 1L \Rightarrow M = n$

المعادلة الموزونة	$2HI_{(g)} \rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	$+ I_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	2y	y	y
التغير في التراكيز	-2X	+y	+X
التراكيز عند الاتزان	2y-2X	Y+X	Y+X
المتكون عند الاتزان	1	2	2

حالة الاتزان = المتكون من Cl_2

$$2y - 2X = 1 \Rightarrow 2y = 1 + 2X \rightarrow (1)$$

$$y + X = 2 \Rightarrow X = 2 - y \rightarrow (2)$$

$$2y = 1 + 2(2-y) \Rightarrow 2y = 1 + 4 - 2y \Rightarrow 2y + 2y = 1 + 4 \Rightarrow 4y = 5$$

$$y = \frac{5}{4} = 1.25(mole/L) \Rightarrow [H_2] = [I_2] = y \Rightarrow [H_2] = [I_2] = 1.25(mole/L)$$

$$[HI]=2y \Rightarrow [HI]=2(1.25)=2.50(mole/L) \Rightarrow K_C=\frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} \Rightarrow K_C=\frac{2\times 2}{(1)^2}=4$$

س(2-23) صنف اربع اجراءات تؤدي لرفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة

$3H_{2(g)}+N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ الاجابة :-

1) زيادة تراكيز المواد المتفاعلة (H_2+ N_2) بشكل مستمر
2) سحب كمية من NH_3 ينزاح التفاعل نحو النواتج (NH_3)
3) زيادة الضغط يتجه نحو النواتج باتجاه اقل المولات 4) خفض درجة الحرارة

س(2-24) للتفاعل المتزن $CO_{2(g)}+H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)}+H_2O_{(g)}$ وفي اناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبدرجة حرارة 2000K وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان تساوي 3mole ما تراكيز خليط الاتزان علماً بان ثابت الاتزان K_C يساوي 4؟

الاجابة :- بما ان الحجم واحد لتر ∴ **المولارية تساوي المولات**

المعطيات	$CO_{2(g)}$	$+H_{2(g)}$	$\rightleftharpoons CO_{(S)}$	$+H_2O_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	y	y	0	0
التغير بالتراكيز	$-X$	$-X$	$+X$	$+X$
التراكيزعند الاتزان	$y-X$	$y-X$	$+X$	$+X$
المتكون عند الاتزان	$1.5-X$	$1.5-X$	$+X$	$+X$

$$X=3-2X \Rightarrow X+2X=3 \Rightarrow 3X=3 \Rightarrow X=\frac{3}{3}=1(mole/L)$$ نعوض قيمة Xفي حالة الاتزان

$$[CO_2]=[H_2]=1.5-X \Rightarrow [CO_2]=[H_2]=1.5-1=0.5(mole/L)$$

$$[CO_2]=[H_2]=y-X \Rightarrow [CO_2]=[H_2]=1.5-X$$

$$K_C=\frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} \Rightarrow 4=\frac{(X)^2}{(1.5-X)^2}$$ الجذر $$\Rightarrow 2=\frac{(X)}{(1.5-X)} \Rightarrow$$

$$[CO_2]=[H_2]=X \Rightarrow [CO_2]=[H_2]=1(mole/L)$$

س(2-25) للتفاعل المتزن غير المتجانس $CaO_{(S)}+CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(S)}$ بدرجة حرارة $800C^0$ وجد ان ضغط CO_2 عند الاتزان يساوي 0.235atm احسب K_C للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها

$$\begin{bmatrix} CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(S)} \\ 1 \quad 0.235 \quad 1 \end{bmatrix} \Rightarrow K_P = \frac{1}{P_{CO_2}} \Rightarrow K_P = \frac{1}{0.235} \quad K_P = 4.255191$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R) \Rightarrow \Delta n_g = 0 - 1 = -1$$

$$T_{(K)} = tC^0 + 273 \Rightarrow T_{(K)} = 800 + 273 = 1073K$$

$$K_C = KP(RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow K_C = 4.255191(0.082 \times 1073)^{+1}$$

$$K_C = 4.255191 \times 87.986 = 374.39724 \Rightarrow K_C = 374.8$$

س(2-26) وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة $27C^0$ وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة الاتية $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ فاذا كان K_P للتفاعل يساوي 1.21 احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علماً بان الكتلة المولية للغاز تساوي 20g / mol ج/ 0.76atm

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} \Rightarrow n(mole) = \frac{\not{4}^{1}(\not{g})}{\not{20}^{5}(\not{g}/mole)} = 0.20(mole)$$

$$T(K) = tC^0 + 273 \Rightarrow T(K) = 27 + 273 = 300K$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow P = \frac{\not{0.2}^{0.1} \times 0.082 \times 300}{\not{2}} \Rightarrow P = 2.46(atm)$$

المعطيات	$2HF_{(g)} \rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$ +	$F_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	2.46	0.0	0.0
التغير بالضغوط	−2X	+X	+X
الضغوط عند الاتزان	2.46 −2X	+X	+X

$$K_P = \frac{P_{H_2} P_{F_2}}{P^2_{HF}} \Rightarrow 1.21 = \frac{X^2}{(2.46 - 2X)^2}$$

جذر طرفي المعادلة

$$1.1 = \frac{X}{2.46 - 2X} \Rightarrow X = 2.706 - 2.2X \Rightarrow X + 2.2X = 2.706$$

تعويض قيمة X في الضغوط

$$3.2X = 2.706 \Rightarrow X = \frac{2.706}{3.2} \Rightarrow X = 0.85(atm)$$

$$P_{HF} = 2.46 - 2(0.85) \Rightarrow P_{HF} = 2.46 - 1.7 \Rightarrow P_{HF} = 0.76(atm)$$

س(2-27) اذا كانت درجة تفكك مول واحد N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة $27C^0$ وضغط 1atm وفي اناء حجمه لتر واحد احسب قيمة K_P للتفاعل (معلومة درجة التفكك تساوي الجزء الى الكل مضروباً في 100

$$\left(\%N_2O_4\right)=\frac{\text{المتفكك}}{\text{التركيز الابتدائي}}\times 100\cdots\left(\%N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2\right)$$

$$20=\frac{X}{1}\times 100 \Rightarrow 100X=20 \Rightarrow X=\frac{20}{100}^{0.2} \Rightarrow X=0.2(mole/L)$$

المعطيات	$N_2O_{4(g)}$	$2NO_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	0
التغير في التراكيز	$-X$	$+2X$
التراكيز عند الاتزان	$1-X$	$+2X$
المتكون	$1-0.2=0.8$	$2(0.2)=0.4$

$$K_C=\frac{[NO_2]^2[O_2]}{[N_2O_4]} \Rightarrow K_C=\frac{(0.4)^2}{0.8} \Rightarrow K_C=\frac{0.16^{\,0.2}}{0.8_{\,1}}=0.2$$

$$T(K)=tC^0+273=27+273=300K$$

$$\Rightarrow \Delta n_g=\sum n_g(P)-\sum n_g(R) \Rightarrow \Delta n_g=2-1=1mole$$

$$K_P=K_C(RT)^{\Delta n_g} \Rightarrow K_P=0.2(0.082\times 300) \Rightarrow K_P=0.2\times 24.6 \Rightarrow K_P=4.92$$

س(2-28)في اناء مغلق حجمه لتر واحد اجري التفاعل الاتي $H_{2(g)}+I_{2(g)} \underset{Kb}{\overset{KF}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$ عند $490C^0$ كان ثابت سرعة التفاعل الأمامي $K_F=0.6256$ ثابت سرعة التفاعل الخلفي $K_b=0.0136$ وان ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K يساوي 59 ، بين كيف يتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بما يلي من اجراءات آ) اضافة مزيد من H_2 ب) انخفاض درجة الحرارة ج) ازاحة بعض من I_2

الاجابة: $K_{eq}=\frac{K_F}{K_b} \Rightarrow K_{eq}=\frac{0.6256}{0.0136}=46$ عند درجة $490C^0$ نلاحظ

عند زيادة درجة الحرارة يزداد K_{eq} وبذلك يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي وعند التسخين يتجه نحو التفاعل الماص للحرارة والخلفي باعث للحرارة اذن$(\Delta H=+)$اي التفاعل ماص للحرارة

1)عند اضافة H_2 تزداد تراكيز المتفاعلات وللتخلص من الزيادة ويتحول قسم من المتفاعلات الى النواتج وهذا يؤدي الى زيادة مولات(HI)

2) عند خفض درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الباعث للحرارة لذا يتفكك قسم من(HI)وبالتالي تقل مولاته

3) ستقل تراكيز المتفاعلات لذا سينزاح التفاعل نحوها اي تقل مولات HI نتيجة التفكك

س(2-29) وجد ان ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_P بدرجة حرارة 1000K للتفاعلات

$$C_{(S)}+O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} \quad K_P=5\times 10^{20}$$ و $$C_{(S)}+\frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} \quad K_P=2.9\times 10^{10}$$

احسب ثابت الاتزان K_C للتفاعل $2CO_{(g)}+O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$ الاجابة:-

نقلب المعادلة الاولى وضربها في (2)وكذلك نضرب المعادلة الثانية في (2)

$$2CO_{(g)} \rightleftharpoons \cancel{2C_{(S)}} + O_{2(g)} \Rightarrow K_P = \left(\frac{1}{2.9\times10^{10}}\right)^2$$

$$\cancel{2C_{(g)}} + \cancel{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} \Rightarrow K_P = \left(5\times10^{20}\right)^2$$

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} K_P = K_{P1} \times K_{P2}$$

$$K_P = \left(\frac{1}{2.9\times10^{10}}\right)^2 \times \left(5\times10^{20}\right)^2 \Rightarrow K_P = \frac{1}{8.41\times10^{20}} \times 25\times10^{40}$$

$$K_P = 2.97\times10^{20} \Rightarrow \Delta n_g = \sum n_g(P) - \sum n_g(R) \Rightarrow \Delta n_g = 2-3 = -1mole$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta n_g} \Rightarrow K_C = K_P(RT)^{+1} \Rightarrow K_C = 2.97\times10^{20}(0.082\times1000)$$

$$K_C = 2.97\times10^{20}\times82 \Rightarrow K_C = 243.54\times10^{20} \approx 2.4\times10^{22}$$

س(2-30) في وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء وتكون غاز $H_2 - CO_2$ بدرجة حرارة 700K ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها الى حالة الاتزان اذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علماً ان K_C لهذا التفاعل يساوي 5.29

الاجابة:- بما ان الحجم يساوي لتر **.:. المولارية تساوي المولات**

المعطيات	$CO_{(g)}$	$+H_2O_{(g)} \rightleftharpoons$	$CO_{2(g)}$	$+H_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	1	1	1	1
التغير في التراكيز	−X	−X	+X	+X
التراكيز عند الاتزان	1−X	1−X	1+X	1+X

$$Q = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow Q = \frac{(1)(1)}{(1)(1)} \Rightarrow Q = 1 \Rightarrow K_C > Q$$

(اتجاه التفاعل امامي)

$$K_C = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 5.29 = \frac{(1+X)^2}{(1-X)2}$$

(جذر طرفي المعادلة)

$$2.3 = \frac{1+X}{1-X} \Rightarrow 1-X = 2.3-2.3X \Rightarrow X+2.3X = 2.3-1$$

$$3.3X = 1.3 \Rightarrow X = \frac{1.3}{3.3} \Rightarrow X = 0.394(mole/L)$$

$$[CO] = [H_2O] = 1-X \Rightarrow [CO] = [H_2O] = 1-0.394 = 0.606(mole/L)$$

$$[CO_2] = [H_2] = 1+X \Rightarrow [CO_2] = [H_2] = 1+0.394 = 1.394(mole/L)$$

س(2-31) للتفاعل $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ ثابت الاتزان K_C لهذا التفاعل يساوي 6×10^{-3} عند درجة

حرارة 298K ولكنه يساوي 1.5×10^{-2} عند درجة حرارة $35C^0$ هل تفكك رابع اوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص للحرارة الاجابة:-

نلاحظ ان قيمة K_C قد ازدادت بعد رفع درجة الحرارة اي يتجه التفاعل الى الامام

وعند رفع درجة الحرارة فان التفاعل ماص للحرارة($N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$)

فان N_2O_4 قد تفكك والتفاعل هو ماص للحرارة (بالاتجاه الامامي) والخلفي باعث للحرارة

س(2-32) للتفاعل المتزن الاتي $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ وجد ان خليط الاتزان بدرجة حرارة $25C^0$ يحتوي على $[O_2]=0.01mole/L, [SO_2]=0.08mole/L, [SO_3]=0.002mole/L$ وعند تبريد التفاعل الى $10C^0$ وجد ان K_C يساوي 4 بين هل التفاعل باعث ام ماص للحرارة الاجابة:-

المعطيات	$2SO_{3(g)} \underset{\text{باعث}}{\overset{\text{ماص}}{\rightleftharpoons}}$	$2SO_{2(g)}$	$+O_{2(g)}$
التراكيز	0.002M	0.08 M	0.01M

$$K_C=\frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}\Rightarrow K_C=\frac{(0.08)^2(0.01)}{(0.002)^2}\Rightarrow K_C=\frac{64\times10^{-6}}{4\times10^{-6}}\Rightarrow K_C=16$$

نلاحظ ان $K_C=4$ قلت قيمة ثابت الاتزان يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي وعند التبريد يتجه نحو الاتجاه الخلفي (باعث للحرارة) اذن التفاعل الامامي ماص للحرارة اي ان التفاعل ماص للحرارة

س(2-33) وضح الفرق بين $\Delta G, \Delta G^0$ وأكتب العلاقة بينهما ، متى تكون قيمة $\Delta G=\Delta G^0$ أثبت ذلك حسابياً

الاجابة: $\Delta G=\Delta G^0+RT\ln Q$ عندما تصبح $(\Delta G^0=\Delta G)$ فان حاصل التفاعل $(Q=1)$ اي تراكيز المواد الناتجة تساوي تراكيز المواد المتفاعلة اي النسبة بين تراكيز النواتج الى المتفاعلات تساوي واحد فعند التعويض في المعادلة اعلاه :

$$\Delta G=\Delta G^0+RT\ln Q\Rightarrow \Delta G=\Delta G^0+RT\ln 1$$

$$\Delta G=\Delta G^0+RT\times(0)\Rightarrow \boxed{\Delta G=\Delta G^0}$$

س(2-34) اذا علمت ان ثابت التأين الذاتي للماء عند درجة حرارة $25C^0$ وضغط 1atm تساوي 1×10^{-14} احسب قيمة ΔG^0 للتأين $H_2O \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \Rightarrow T(K)=tC^0+273$$

$$T(K)=25+273=298K\Rightarrow \Delta G^0=-RT\ln K_{eq}\Rightarrow$$

$$\Delta G^0=-2477.572\times(2.3\log10^{-14})\Rightarrow \Delta G^0=-2477.572(-14\times2.3)$$

$$\Rightarrow \Delta G^0=-2477.572(-32.2)\Rightarrow \Delta G^0=79777.818(J/mole)\approx 79.777(KJ/mole)$$

س علل لا يحصل تغير حراري في التفاعلات الانعكاسية ؟

ج/ لان كمية الحرارة المنبعثة باتجاه معين تساوي كمية الحرارة الممتصة بالاتجاه المعاكس

س علل عند تبريد التفاعل المتزن الماص للحرارة تقل قيمة ثابت الاتزان ؟

ج/ تبريد التفاعل يرجح التفاعل الخلفي بذلك تقل تراكيز النواتج وتزداد تراكيز المتفاعلات بما ان $K_C=[P]/[R]$ اذن تقل K_C

س $A+B \rightleftharpoons 2C \; -\Delta H$ (1) اضافة كمية من A الى خليط التوازن هل ترتفع ام تنخفض درجة الاناء لحظة الاضافة (2) ما تأثير التسخين على تركيز C وقيمة K_C

ج/ اولاً تنخفض درجة الحرارة ثانياً ينحرف التفاعل نحو الخلف وبالتالي يقل تركيز C وتقل K_C

ملاحظة / عندما تكون $\Delta n=(-)$ اذن التفاعل باعث للحرارة (امامي) $\Delta n=(+)$ التفاعل ماص للحرارة (خلفي) تراكيز النواتج تستهلك اكثر وتزداد تراكيز المتفاعلات

س(خارجي) وضع 2mole من جميع مواد التفاعل $A+2B \rightleftharpoons 2C$ وكان حاصل التفاعل 2 وعند وصول التفاعل حالة الاتزان وجد ان تركيز المادة C اكبر من مجموع $(A+B)$ بمقدار 0.5M احسب للتفاعل K_C

الاجابة :-

$$\begin{pmatrix} A+2B \rightleftharpoons 2C \\ \frac{2}{V} \quad \frac{2}{V} \quad \frac{2}{V} \end{pmatrix} \Rightarrow Q=\frac{[C]^2}{[A][B]^2}=\frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\frac{2}{V}\left(\frac{2}{V}\right)^2}=\frac{\frac{4}{V^2}}{\frac{2}{V}\frac{4}{V^2}}$$

$$2=\frac{\cancel{4}}{\cancel{V^2}}\times\frac{V}{2}\times\frac{\cancel{V^2}}{\cancel{4}} \Rightarrow 2=\frac{V}{2} \Rightarrow V=4L$$

نجد التركيز المولاري من $M=\frac{n}{V}=\frac{2}{4}=0.5(mole/L)$ ثم نكتب المعادلة وتثبيت التراكيز

بما ان تركيز المادة C اكبر من مجموع $A+B$ بمقدار 0.5M اذن نجد تركيزها اولاً ثم تعوض في تركيزها عند الاتزان وبعدها نجمع الحدود المتشابهة نحصل على X ثم تعوض في تراكيز المواد المشتركة بالتفاعل نحصل على تراكيزهما وبعدها نجد ثابت الاتزان كما مبين :

$$\begin{pmatrix} A+ & 2B \rightleftharpoons & 2C \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ -X & -2X & +2X \\ 0.5-X & 0.5-2X & 0.5+2X \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{aligned}[C]&=A+B+0.5\\ [C]&=0.5-X+0.5-2X+0.5\\ [C]&=1.5-3X\end{aligned}}$$

$$1.5-3X=0.5+2X \Rightarrow 1.5-0.5=3X+2X \Rightarrow 1=5X \Rightarrow X=\frac{1}{5}=0.2$$

$$[A]=0.5-X \Rightarrow [A]=0.5-0.2=0.3mole/L$$

$$[B]=0.5-2X \Rightarrow [B]=0.5-2(0.2) \Rightarrow [B]=0.5-0.4=0.1mole/L$$

$$[C]=0.5+2X \Rightarrow [C]=0.5+2(0.2) \Rightarrow [C]=0.5+0.4=0.9mole/L$$

$$\begin{pmatrix} A+2B \rightleftharpoons 2C \\ 0.3 \quad 0.1 \quad 0.9 \end{pmatrix} \Rightarrow K_C=\frac{[C]^2}{[A][B]^2}=\frac{(0.9)^2}{0.3(0.1)^2}=\frac{81\times \cancel{10^2}}{0.3\times \cancel{10^2}}=270$$

س في التفاعل الافتراضي الاتي : $2A + B \rightleftharpoons 2C$ وضعت مولات مختلفة من A و B في اناء التفاعل حجمه لتر واحد وبعد وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد المتكون من المادة C يساوي تركيز B الابتدائي وكل من A و B متساويان وان $K_C = 10$ جد التراكيز الابتدائية A و B

الجواب:-

المعادلة الموزونة	المتفاعلات		النواتج
	2A	B	2C
التراكيز الابتدائية	y	Z	0
التغير بالتراكيز	$-2X$	$-X$	$2X$
التراكيز عند الاتزان	$(y-2X)$ A	$(Z-X)$ A	$2X =$ Z

$2X = Z \Rightarrow X = \frac{1}{2}Z \Rightarrow X = 0.5Z$ بالتعويض في المعادلات 1و2

$$\begin{pmatrix} Z - X = A......(1) \\ y - 2X = A......(2) \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{Z - 0.5Z = A...(1) \Rightarrow A = 0.5Z}$$

وبالتعويض في حالة الاتزان النهائي

$$\begin{pmatrix} 2A + & B & \rightleftharpoons 2C \\ 0.5Z & 0.5Z & Z \end{pmatrix} \Rightarrow K_C = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} \Rightarrow 10 = \frac{[Z]^2}{[0.5Z]^2[0.5Z]}$$

$$10 = \frac{Z^2}{0.25Z^2 \times 0.5Z} \Rightarrow 10 = \frac{1}{0.125Z} \Rightarrow 1 = 1.25Z$$

$$Z = \frac{1}{1.25} = 0.8mole = n_B$$

ومن المعادلة رقم 2 نجد مولات A

$$y - 2(0.5Z) = 0.5Z \Rightarrow y - Z = 0.5Z$$
$$y - 0.8 = 0.5 \times 0.8 \Rightarrow y - 0.8 = 0.4 \Leftrightarrow y = 0.4 + 0.8 = 1.2mole$$

الفصل الثالث

الاتزان الايوني

Ionic Equilibrium

3



(الكيمياء للصف السادس العلمي)

الفصل الثالث الاتزان الأيوني(الاحيائي)

تعاريف - تعاليل - قوانين – خطوات حل الاسئلة

حلول امثلة وتمرينات الكتاب وأسئلة الفصل الثالث

واسئلة اضافية خارجية (وزارية)

اعداد الأستاذ
رحيم عبد جواد الأعاجيبي
اعدادية الرميثة للبنين
رقم الهاتف(07804010634)

رحلة التفوق في السادس

المواد الالكتروليتية والمواد غير الالكتروليتية :-

المحلول المائي / هو مزيج متجانس لمادتين ناتجة من ذوبان مادة (المذاب Solute) في الماء (المذيب Solvent)
ويقسم الى قسمين حسب قابليته على التوصيل الكهربائي من عدمه محلول الكتروليتي وغير الكتروليتي

اصناف المواد الالكتروليتية حسب قابليتها على التوصيل الكهربائي هي:-

اولاً:- الالكتروليتات القوية / هي المحاليل الناتجة عن ذوبان الالكتروليتات في الماء ومحاليها عالية التوصيل للكهربائية بسبب تفككها التام في محاليها المائية الى ايونات
الامثلة عليها هي حامض الهيدروكلوريك HCl وكلوريد الصوديوم NaCl وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ونترات البوتاسيوم KNO_3 وحامض الكبريتيك H_2SO_4 وكلوريد الامونيوم NH_4Cl كما في المعادلات الاتية:

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+_{(aq)} + SO_4^-{}_{(aq)} \; / \; HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$KNO_3 \rightarrow K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

س محاليل الالكتروليتات القوية القابلية على التوصيل الكهربائية
ج/ بسبب تفككها التام في محاليها المائية الى ايونات موجبة وسالبة التي تكون هي المسؤولة عب التوصيل

ثانياً:- الالكتروليتات الضعيفة / هي محاليل الناتجة عن ذوبان الالكتروليتات في الماء محاليل ضعيفة التوصيل للكهربائية لكونها تتأين بشكل جزئي (محدود) في محاليها المائية ومن الامثلة عليها الامونيا وحامض الكاربونيك والاملاح الشحيحة

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

كما في المعادلات الاتية :

$$NH_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$AgCl_S \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

س محاليل الالكتروليتات الضعيفة القابلية الضعيفة على التوصيل الكهربائية
ج/ لكونها تتأين بشكل جزئي (محدود) في محاليها الى الايونات الموجبة والسالبة والتي تكون ضعيفة التوصيل

***اهم السمات المميزة للمواد الالكتروليتية هي:-**

1- قابليتها على ايصال التيار الكهربائي في حالاتها المنصهرة او عندما تكون موجودة على شكل محلول في مذيب مستقطب
2- تكون محصلة الشحنة الكهربائية لمحاليل الالكتروليتات مساوية للصفر (متعادلة)
3- عند ذوبان الالكتروليتات في مذيب مستقطب كالماء ، فان محلولها سوف يتضمن ايونات موجبة وسالبة
4- تعتمد قابلية المحلول الالكتروليتي للتوصيل الكهربائي على طبيعة الايونات المكونة له وعلى تركيز الايونات فيه اضافة الى درجة حرارة المحلول

س علامة تعتمد المواد الالكتروليتية قابليتها الكهربائية
1- طبيعة الايونات المكونة لها 2- تركيز الايونات 3- درجة حرارة المحلول

س علل المحاليل الالكتروليتية متعادلة
ج/ لان محصلة شحنتها تساوي صفر

المواد غير الالكتروليتية/ هي المواد التي لها القابلية على الذوبان في الماء ولكن لا تتفكك الى ايونات موجبة وسالبة وعلية لا توصل التيار الكهربائي مثل السكر (والسكروز)

الاتزان الايوني / توازن ديناميكي حركي يحصل بين المواد الداخلة بالتفاعل والايونات المتفككة منه ويمثل حاصل ضرب تراكيز النواتج الايونية مقسومة على تراكيز المواد المتفاعلة وكل منها مرفوع لأس يمثل عدد المولات في معادلة الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة ويكون معدل سرعة التفاعل الامامي مساوية للتفاعل

الخلفي وتكون جميع مكونات المحلول مستمرة بالتفاعل مع بقاء تراكيزها ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة
ملاحظة / يمكن حساب التركيز المولاري في المحاليل المخففة من معرفة الكتل المولية لها وتحويل الحجم من الملي لتر الى اللتر بالقسمة على 1000 واستخدام القانون التالي:

$$M(mole/L)=\frac{m(g)}{M(g/mole)}\times\frac{1}{V(L)}$$

اولاً:- كيف يتم حساب الالكتروليتات القوية (حامض و قاعدة و ملح)؟

1- جمع الحجوم ونحصل على حجم جديد يجب ان نستخرج تراكيز الالكتروليتات الجديد ولكل منهما باستخدام قانون التخفيف $(M_1V_1=M_2V_2)$ نحصل على تركيز $[H^+],[OH]$

2- كتابة المعادلات كل محلول على حدى مثل HCl, NaOH كما مبين :

$$\begin{cases} HCl\rightarrow H^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)} \\ NaOH\rightarrow Na^+_{(aq)}+OH^-_{(aq)} \end{cases}$$

ثم نقارن بين $[H^+],[OH]$ الاكبر هو الفائض الحامض او القاعدة

وحسب القوانين الاتية: $[OH^-]=[OH^-]-[H^+]$ / $[H^+]=[H^+]-[OH^-]$ او

تم نستخرج $POH=-\log[OH^-]$ / $PH=-\log[H^+]$ في حالة التراكيز المختلفة

ثانياً :- حساب الالكتروليتات القوية (حامض وقاعدة وملح) في حالة التراكيز المتشابه $[H^+],[OH]$

المحلول متعادل($PH=POH=7$)

ثالثاً:- في حالة تفاعل الالكتروليتات مختلفة القوى متشابه التراكيز نقوم بما يلي :

$V_T=V_1+V_2$ ثم قانون التخفيف لكل واحد كما مبين اعلاه وبعدها كتابة معادلة واحدة

مثل

$$NaOH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$$

NaOH	CH_3COOH	CH_3COO^-	H_2O
0.1	0.1	0.0	0.0
-0.1	- 0.1	0.1	0.0

بالجمع --

0.0 0.0 0.1 تركيز الملح = تركيز احدهما

ويحل بقوانين الاملاح بعد تحديد نوع الملح ندرسها لاحقاً

رابعاً :- في حالة الالكتروليتات مختلفة القوى ومختلفة التراكيز نفس خطوات ثالثاً

بعد كتابة معادلة واحدة فأن تركيز الملح = اقل التراكيز

مثل

$$NaOH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$$

NaOH	CH_3COOH	CH_3COO^-	H_2O
0.02	0.04	0.0	0.0
-0.02	- 0.02	0.02	0.0

بالجمع --

0.0 0.02 0.02 وحل بقوانين محلول بفر ندرسها لاحقاً

كما في سؤال 22 و23 و24 من اسئلة الكتاب في نهاية الفصل

ملاحظة قيمة الاس الهيدروجيني للماء النقي تساوي 7

تمرين (3-1) احسب $[H^+],[OH]$ في الالكتروليتات القوية أ) 0.25M من HBr

ب) 0.055M من KOH ج) 0.155M من $0CaCl_2$

الاجابة:-(آ)

$$\begin{pmatrix} HBr \rightarrow H^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)} \\ 0.25M \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0.25 \quad 0.25 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{[H^+] = [Br^-] = 0.25M}$$

جواب(ب)

$$\begin{pmatrix} KOH \rightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.055 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0.055 \quad 0.055 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{[OH^-] = [K^+] = 0.055M}$$

جواب (ج)

$$\begin{pmatrix} CaCl_2 \rightarrow Ca^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \\ 0.155 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0.155 \quad 2(0.155) \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{matrix} [Ca^+] = 0.155M \\ [Cl^-] = 0.310M \end{matrix}}$$

ايونات المحاليل القوية تساوي تراكيزها مضروبة بعدد مولات تلك الايونات
تركيز الايونات = $n \times [\ ]$

تفكك الالكتروليتات الضعيفة (الحوامض و القواعد)

الحامض حسب برونشتد / تعرف على انه المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون لتكوين قاعدة قرينه:

قاعدة قرنية + بروتون ⇌ حامض

القاعدة حسب برونشتد / بانها المادة التي لها القابلية على اكتساب البروتون مكونة حامض قرين :

حامض قرين ⇌ بروتون + قاعدة

تعتمد قوة الحامض او القاعدة حسب هذه النظرية على مدى قابلية الحامض على فقدان البروتون ومدى قابلية القاعدة على اكتساب البروتون وكذلك على الوسط الذي يحتوي هذه الاصناف اي لكل حامض قاعدة قرينة تخالفه بالقوة وكذلك للقاعدة حامض قرين يخالفها بالقوة الذي يحتوي هذه الاصناف اي لكل حامض قاعدة قرينة تخالفه في القوة وكذلك للقاعدة

الحوامض الضعيفة WeaKAcids

هي المواد التي تتفكك في الوسط المائي وتخضع الى حالة الاتزان بين الجزيئات غير المتفككة والايونات الناتجة من عملية التفكك وتميز بثابت تفكك يرمز له K_a

$$\left(HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}\right) \Rightarrow Ka = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

يستخدم هذه القانون على الحوامض الضعيفة فقط كلما k_a ازداد مقدار تفككه وازدادت حموضته

س لا تظهر جزيئة في قانون التفكك ج/ لان تركيزه ثابت

س/ كيف يمكن حساب الالكتروليتات الضعيفة (حامض و قاعدة وملح)

1) كتابة المعادلات ثم تثبت تراكيزها الابتدائية وتراكيزها عند حالة الاتزان كما في المثال

$$\begin{pmatrix} CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ 0.1M \quad 0 \quad 0 \\ 0.1 - X \quad X \quad X \end{pmatrix} \Rightarrow 1) K_a = \frac{[H^+]^2}{[Acid]}; (2) K_b = \frac{[OH^-]^2}{[Base]}$$

2) اذا كانت (Ka,Kb) اقل من 10^{-5} مثل $10^{-6},10^{-7},10^{-8},10^{-9}....$ يهمل الجزء المتفاعل(X) المطروح من التركيز الأصلي وتكون النسبة المئوية اقل من(5 %)

3) اذا كانت اكبر (Ka,Kb) من 10^{-5} $10^{-1},10^{-2},10^{-3},10^{-4}$ لا يهمل (X) ويحل

$$X=\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$$

في المعادلة الجبرية من الدرجة الثانية (aX^2+bX+C) تمثل a,b,c

في المعادلة قيم معاملات الحدود X^2,X والحد المطلق على التوالي بطريقة الدستور

4) من قانون النسبة المئوية $\left(\%=\frac{[OH^-]}{[Base]}\times 100\%\right),\left(\%=\frac{[H^+]}{[Acid]}\times 100\%\right)$

5) من درجة التأين او التفكك نحصل على تراكيز $[H^+],[OH]$ ويمكن ان نحصل $POH=-\log[OH^-]$

و $PH=-\log[H^+]$ وحسب القانون الاتي : درجة التأين= $\frac{[H^+]}{[acid]}$ او درجة التأين= $\frac{[OH^-]}{[base]}$

تمرين (2-3) احسب تركيز الهيدروجين المائي لحامض الهيدروسيانيك

$K_a=4.9\times 10^{-10}$ تركيزه يساوي 0.2M الاجابة :-

المعطيات	$HCN \rightleftharpoons H^+_{(aq)}+CN^-_{(aq)}$		
التراكيز الابتدائية	0.2	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.2 - x	X	X

$$Ka=\frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}\Rightarrow$$

$$4.9\times 10^{-10}=\frac{x^2}{(0.2-x)}\Rightarrow 4.9\times 10^{-10}\times(0.2)=x^2$$

$$x^2=0.98\times 10^{-10}\Rightarrow X=\sqrt{0.98\times 10^{-10}}=1\times 10^{-5}M$$

تمرين(3-3) احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي للفينول C_2H_5OH $(K_a=1.3\times 10^{-10})$

الذي تركيزه (أ) 0.2M (ب) بعد تخفيفه لمئة مرة الاجابة :

المعطيات	$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^-_{(aq)}+H^+_{(aq)}$		
التراكيز الابتدائية	0.2	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.2 - x	X	X

$$Ka=\frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]}\Rightarrow$$

$$1.3\times 10^{-10}=\frac{x^2}{(0.2-x)}\Rightarrow 1.3\times 10^{-10}\times(0.2)=x^2$$

$$x^2=0.26\times 10^{-10}\Rightarrow X=\sqrt{0.26\times 10^{-10}}=0.51\times 10^{-5}M$$

اجابة (ب)بعد التخفيف لمئة مرة : $\left(M_2 = \frac{M_1}{\text{التخفيف}} \Rightarrow M_2 = \frac{0.2}{100} = 0.002M \right)$

المعطيات	$C_6H_5OH \rightleftharpoons$	$C_6H_5O^-{}_{(aq)}$	$+ H^+{}_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.002	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.002 -x	X	X

$$Ka = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]} \Rightarrow$$

$$1.3\times10^{-10} = \frac{x^2}{(0.002-x)} \Rightarrow 1.3\times10^{-10}\times(0.002) = x^2$$

$$x^2 = 0.26\times10^{-12} \Rightarrow X = \sqrt{0.26\times10^{-12}} = 0.51\times10^{-6}M$$

الحوامض الضعيفة أحادية البروتون والمتعددة البروتون

الحوامض الاحادية البروتون هي التي تمتلك ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين بالماء لها ثابت واحد بينما الحوامض المتعددة البروتون هي التي تمتلك اكثر من ذرة هيدروجين واحدة ولها ثوابت مختلفة الاول اكبر من الثاني بالحامضية كما في $(H_2C_2O_4)$ ويرمز لها (K_{a1} ، K_{a2}) كما مبين:

$$H_2C_2O_{4(aq)} + H_2O_{(aq)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + HC_2O_4^-{}_{(aq)}$$

$$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+][HC_2O_4^-]}{[H_2C_2O_4]} = 5.37\times10^{-2}$$

$$HC_2O_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + C_2O_4^{-2}{}_{(aq)}$$

$$K_{a2} = \frac{[H_3O^+][C_2O_4^{-2}]}{[HC_2O_4^-]} = 5.1\times10^{-5}$$

$(K_{a2} < K_{a1})$ علل ذلك يعود السبب في ذلك الى نقصان قابلية الاصناف التي تحمل شحنة سالبة على فقدان بروتون موجب الشحنة بسبب ازدياد التجاذب الالكتروستاتيكي بين ايونات ذوات الشحنات المختلفة

القواعد الضعيفة WeaK.bases

بانها الصنف الذي له قابلية جزئية (غير تامة) على اكتساب البروتونات من المذيب وتتميز بان لها ثابت تفكك ويرمز له بالرمز K_b يستعمل القانون التالي القواعد الضعيفة فقط

$$\left(B_{(aq)} + H_2O \rightleftharpoons BH^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}\right) \Rightarrow K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B^-]}$$

تمرين (3-4) احسب درجة التأين للمحلول المائي للانيلين(C_6H_7N) $K_b=3.8\times10^{-10}$ الذي تركيزه يساوي 0.1M

المعطيات	$C_6H_7N_{(aq)} \rightleftharpoons$	$C_6H_7NH^+{}_{(aq)}$	$+ OH^-{}_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.1 M	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.1-X	X	X

$$K_b = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C_6H_7N]} \Rightarrow$$

$$3.8\times10^{-10} = \frac{x^2}{(0.1-x)} \Rightarrow 1.3\times10^{-10}\times(0.1) = x^2$$

$$x^2 = 0.38\times10^{-10} \Rightarrow X = \sqrt{0.38\times10^{-10}} = 0.62\times10^{-5}M$$

درجة التأين $= \frac{[OH^-]}{[Base]} \Rightarrow$ درجة التأين $= \frac{0.62\times10^{-5}}{0.1} = 6.2\times10^{-5}$

التأين الذاتي للماء(التفكك التلقائي للماء) :-

هو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال بروتون من جزيء الى جزيء اخر للماء لتكوين ايون الهيدرونيوم H_3O^+ وايون الهيدروكسيد OH^- ويمكن ان تحدث في الماء النقي او في المحاليل المائية الاخرى

وعميلة الانتقال البروتون هي المسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء كما مبين :

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ويمكن التعبير عن الحاصل الايوني للماء في حالة الاتزان بالرمز K_W من خلال القانون التالي :

$$K_W = [OH^-][H^+] \quad \text{او} \quad K_W = [OH^-][H_3O^+]$$

دائماً في الماء النقي $[H^+]=[OH^-]=1.0\times10^{-7}(mole/L)$ ويمكن ان نأخذ هذه القيم عند $25C^0$ فقط

فان الحاصل الايوني للماء يساوي ($K_W = (1\times10^{-7})\times(1\times10^{-7}) = 1\times10^{-14}$) ← حفظ

ملاحظات /(تعاليل)

اولاً :- عند اضافة الحامض الى الماء النقي يزداد تركيز الهيدروجين ويقلل تركيز الهيدروكسيد (حسب قاعدة لوشاتليه) المحافظة على الاتزان يعني بقاء الحاصل الايوني كمية ثابتة 1×10^{-14}

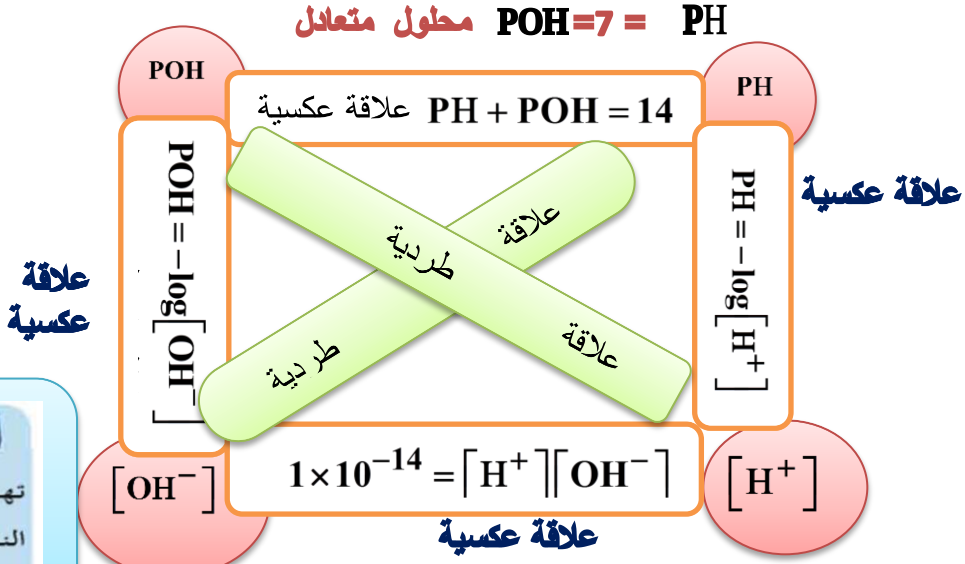
فان زيادة تركيز H^+ يجب ان تقود الى انخفاض في تركيز OH^-

ثانيا:- عند اضافة القاعدة الى الماء النقي فان تركيز OH^- يزداد ويقل تركيز H^+ لكي تبقى قيمة K_W ثابتة 1×10^{-14} والجدول يبين انواع المحاليل

اذا كانت PH < POH المحلول قاعدي وبالعكس (PH > POH) المحلول حامضي

PH = POH=7 محلول متعادل

PH :-هي للتعبير عن حامضية المحلول للتعامل مع التراكيز الصغيرة لأيونات H^+, OH^- والمختلفة في قيمتها بشكل كبير جداً صعباً ومرهقاً ولذلك نستعمل PH



انتبه !

تهمل دائما تراكيز $[H^+]$ و $[OH^-]$ الناتجة من تفكك جزيء الماء عند وجود حامض قوي او قاعدة قوية فيه .

تمرين(3-5)
احسب تركيز ايونات الهيدروجين المائية في محلول يحتوي على ايونات الهيدروكسيد المائية بتراكيز
(آ) 0.01M (ب) 2.0×10^{-9}M الحل (آ)

$$[H^+][OH^-]=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]\times0.01=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{0.01}$$

$$[H^+]=1\times10^{-12}M$$

$$[H^+][OH^-]=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]\times2\times10^{-9}=1\times10^{-14}\Rightarrow[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{2\times10^{-9}}=5\times10^{-6}M$$

مثال (3-6) احسب تراكيز ايونات $[H^+],[OH^-]$ في 0.05M من حامض النتريك HNO_3
الحل / بما ان الحامض قوي اذن تركيز الحامض مضروب بعدد مولات ايون الهيدروجين

في المعادلة $[H^+]=n[HNO_3]$ $\quad HNO_{3(aq)}\rightarrow H^+_{(aq)}+NO_{3(aq)}$

$$[H^+]=0.05mole/L\Rightarrow K_W=[H^+][OH^-]$$

$$1\times10^{-14}=0.05\times[OH^-]\Rightarrow[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.05}=\frac{1\times10^{-12}}{5}=2\times10^{-13}$$

الاس الهيدروجيني هو مقياس لمعرفة الحامضية او القاعدية للمحاليل من خلال معرفة تراكيز $[H^+],[OH^-]$
وذات القيم من 0 الى 14 باستخدام القوانين الاتية :-

$PH=-\log[H^+]$ او $POH=-\log[OH^-]$ او $[H^+]=10^{-PH}$ او $[OH^-]=10^{-POH}$

تمرين (3-6)
احسب PH للمحاليل الاتية (آ) حامض الهيدروكلوريك HCl (ب) 0.03M حامض الكبريتيك H_2SO_4
الاجابة / (آ)

المعطيات	$HCl\rightarrow H^+_{(aq)}+Cl^-_{(aq)}$		
التراكيز الابتدائية	6×10^{-4}	0	0
التراكيز عند الاتزان	-6×10^{-4}	6×10^{-4}	6×10^{-4}

$$[H^+]=6\times10^{-4}\Rightarrow PH=-\log[H^+]\Rightarrow PH=-\log6+(-\log10^{-4})$$

$$PH=-0.78+4=3.22$$

(ب)

المعطيات	$H_2SO_4\rightarrow 2H^+_{(aq)}+SO_4^{-}{}_{(aq)}$		
التراكيز الابتدائية	0.03	0	0
التراكيز عند الاتزان	- 0.03	2(0.03)	0.03

$$[H^+]=2\times0.03=0.06\Rightarrow[H^+]=6\times10^{-2}mole/L$$

$$PH=-\log[H^+]\Rightarrow \begin{array}{|l|}PH=-\log 6\times10^{-2}\\ PH=2-0.78=1.22\end{array}$$

س كيف يتم اشتقاق علاقة تربط بين PH,POH لاي محلول مخفف عند درجة $25C^0$؟ ج/

$$[H^+]=[OH^-]=K_w=1\times10^{-14}$$

بضرب طرفي المعادلة بالمقدار (-1) نحصل على

$$\log[H^+]+\log[OH^-]=-\log(1\times10^{-14})$$

$$(-\log[H^+])+(-\log[OH^-])=-\log(1.0\times10^{-14})$$

$$\boxed{PH=-\log[H^+]},\ \boxed{POH=-\log[OH^-]}$$

$$\boxed{PH+POH=14}$$

PH,POH اذا كانت قيمتهما موجبة اذا كانت اقل من 14 اما اذا احدهما اكبر 14 تكون قيمة الاخرى سالبة

يمكن حساب الأس الهيدروجيني من خلال ما يلي :-

اولاً:- اذا كانت $[H^+],[OH^-]$ معلومة نحصل على PH,POH من القوانين الاتية:

$$PH=-\log[H^+]\ /\ POH=-\log[OH^-]$$

ثانياً:- اذا كان احدهما معلوم نستخرج تركيز الاخر من القانون التالي: $[H^+]\times[OH^-]=1.0\times10^{-14}$

ثم نستخدم القوانين اعلاه اومن $\boxed{K_a=\frac{[H^+]^2}{[Acid]},K_b=\frac{[OH^-]^2}{[base]}}$ او من درجة التأين او النسبة المئوية($\frac{[H^+]}{[acid]}=$ درجة التأين) و($\frac{[OH^-]}{[Base]}=$درجة التأين)

$$\left(\ \%=\frac{[H^+]}{[acid]}\times100\%\Leftrightarrow\%=\frac{[OH^-]}{[Base]}\times100\%\ \right)$$

ثالثاً:- اذا PH,POH كان احدهما معلوم نستخدم القانون الاتي : $\boxed{PH+POH=14}$

ملاحظة :- ان الحاصل الايوني للماء بدلالة PK_W ($PK_W=-\log K_W$)

تمرين (3-7) اذا علمت ان PH محلول لحامض النتريك يساوي 3.32 ، ماهي مولارية المحلول

الحل بما ان $PH=3.32$ بما ان $\log 4.49=0.68$

$$[H^+]=10^{-PH}\Rightarrow[H^+]=10^{-3.32}\Rightarrow[H^+]=10^{-3.32}\times10^4\times10^{-4}$$

$$[H^+]=10^{0.68}\times10^{-4}\Rightarrow[H^+]=4.49\times10^{-4}M$$

تمرين (3-8) اكمل الجدول الاتي ، هل وجدت علاقة واضحة بين قيم PH,POH لكل محلول ؟ ماهي ؟

المحلول	[H⁺]	[OH⁻]	pH	pOH
0.15 M HI				
0.06 M RbOH				
0.02 M $Ba(OH)_2$				
0.0003 M $HClO_4$				

الحل:- اولاً: تركيز الحامض القوي $[H^+]=n[HCl]$

$$HI \rightarrow H^+_{(aq)} + I^-_{(aq)} \Rightarrow [HI]=[H^+] \Rightarrow [H^+]=0.15 \Rightarrow PH=-\log[H^+]$$

$$PH=-\log 0.15 \Rightarrow PH=0.824 \Rightarrow$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow POH=14-0.824 \Rightarrow \boxed{POH=13.176}$$

$$[OH^-]=\frac{K_w}{[H^+]} \Rightarrow [OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{15\times10^{-2}}=0.0666\times10^{-12}M$$

ثانياً: القاعدة قوية تركيز $[OH^-] = n\ [RbOH]$

$$RbOH \rightarrow Rb^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \Rightarrow [RbOH]=[OH^-]$$

$$[OH^-]=0.06mole/L \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}POH=-\log[OH^-]\\ POH=-\log 6\times10^{-2} \Rightarrow POH=2-0.78=1.22\end{array}}$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow \boxed{PH=14-1.22=12.78}$$

ثالثاً: القاعدة قوية تركيز $[OH^-] = n\ [Ba(OH)_2]$

$$Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \Rightarrow [Ba(OH)_2]=\boxed{2\times[OH^-]=0.04}$$

$$POH=-\log[OH^-] \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}POH=-\log 4\times10^{-2}\\ POH=2-0.6=1.4\end{array}}$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow \boxed{PH=14-1.4=12.6}$$

$$[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} \Rightarrow \boxed{[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{4\times10^{-2}}=0.25\times10^{-12}}$$

رابعاً: حامض قوي $[H^+]=n[HClO_4]$

$$[H^+]=3\times10^{-4}mole/L \Rightarrow [OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{3\times10^{-4}}=3\times10^{-11}mole/L$$

$$PH=-\log[H^+] \Rightarrow PH=-\log 3\times10^{-4} \Rightarrow \boxed{PH=4-0.47=3.53}$$

$$PH+POH=14 \Rightarrow \boxed{POH=14-3.53=10.47}$$

تمرين (3-9)احسب قيم $[H^+],PH,[OH^-],POH$ للمحلول المائي $Ca(OH)_2$ تركيزه $0.015M$ ، هل المحلول حامضي ، ام قاعدي ؟ لماذا ؟

الاجابة :- قاعدة قوية فان تركيز $[OH^-]=n[Ca(OH)_2]$

$$\begin{pmatrix} Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+}{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \\ 0.015 \quad 0.015 \quad 0.015 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{matrix}[OH^-]=n[Ca(OH)_2] \\ [OH^-]=2(0.015)=0.030M\end{matrix}}$$

$$[H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} \Rightarrow [H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{3\times10^{-2}}=0.3\times10^{-12} mole/L$$

$$POH=-\log[OH^-] \Rightarrow POH=-\log 3\times10^{-2} \Rightarrow POH=2-0.47=1.53$$

$$PH=-\log[H^+] \Rightarrow PH=-\log 3\times10^{-13} \Rightarrow PH=13-0.47=12.53$$

س وزاري تزداد درجة تفكك الالكتروليت الضعيف بالتخفيف

ج / لان التخفيف يقلل من اجزاء المذاب في وحدة الحجم ولإزالة هذا التأثير فان الالكتروليت يزيد من تفككه لتعويض النقص الحاصل في الايونات والتخلص منه

التمذوب/ تفاعل المادة مع المذيب المستعمل لاذابتها (المحلول المائي)

التحلل المائي / يعرف على انه تفاعل المادة مع الماء حيث تتضمن بعض تفاعلات التحلل المائي التفاعل مع ايونات $[H^+],[OH^-]$ مثال تفاعل حامض ضعيفHA مع الماء لتكوين الحامض الضعيف غير المتأين مما يؤدي الى اخلال في التوازن بين ايونات $[H^+],[OH^-]$ كما في المعادلات الاتية:

$$HA \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + A^-{}_{(aq)}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$\Rightarrow A^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} \rightarrow HA_{(aq)}$$

نلاحظ ان $[OH^-]$ باقي لا يتفاعل بينما تركيز H^+ يتفاعل مع الايون السالب (A^-)وتكوين الحامض غير متفكك مما يؤدي الى زيادة في $[OH^-]$ واصبح المحلول قاعدي وينطبق بنفس الحالة على الايون الموجب

كما في المثال

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4{}^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$NH_4{}^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons NH_4OH$$

الزيادة $[H^+]$ الذي لا يتفاعل بينما $[OH^-]$ يتفاعل مع NH_4^- ويكون محلولاً قاعدياً اذن المحلول حامضي وحسب مفهوم برونشتد تسلك القاعدة القرنية للحامض القوي سلوك قاعدي ضعيفة جداً بينما تكون القاعدة القرنية للحامض الضعيف قاعدة قوية وينطبق الشيء نفسه على القواعد

تصنف الاملاح الى اربعة

1- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية 2- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة

3- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية 4- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض ضعيفة

يأتي تعليل (وزاري)

1- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية هي محاليل مائية متعادلة لان ليس لأيوناتها الموجبة والسالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع ايونات الماء فلا تجعل $[OH^-]=[H^+]$ يضطرب

$$NaCl \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

لان ايونات Na^+, Cl^- لا تتفاعل مع ايونات الماء $[OH^-]=[H^+]$ وبالتالي تبقى في حالة اتزان اذن

$[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$ اي $PH = POH = 7$ ∴ الملح متعادل

س لا تؤثر اذابة الاملاح المتعادلة في الماء على قيمة الاس الهيدروجيني (مثل NaCl)

ج/ لان ايوناتها ضعيفة ليس لها القدرة للتفاعل مع ايونات الماء بذلك لا تتأثر

فراغ وزاري يكون المحلول المائي لملح NaCl متعادلاً وذلك لانه ملح مشتق من -------------

ج / لان مشتق من حامض قوي HCl وقاعدة قوية NaOH

2- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة هي المحاليل المائية القاعدية والسبب الايون السالب العائد الى الحامض الضعيف يتفاعل مع الايون الموجب H من الماء وبقاء ايون OH^- زائد كما في المعادلة الاتية :

$$(1) CH_3COONa_{(S)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

$$(2) H_2O \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$(3) CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightleftarrows CH_3COOH$$

ينتج محلول به زيادة من ايونات OH^-

ملح مشتق من قاعدة قوية – حامض ضعيف

يتفاعل الايون السالب CH_3COO^- مع H^+ وتكوين حامض الخليك غير متأين وبقاء OH^- زائد

∴ الملح ذات صفات قاعدية والنقص في H^+ يجعل التفاعل ينزاح بالاتجاه الامامي لتعويض النقص والعودة الى حالة الاتزان مجدداً يمثل ايون الخلات قاعدة قرينة قوية للحامض الضعيف

$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-_{(aq)}$ ويمكن التعبير عن ثابت التحلل المائي K_h

$$K_h = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

س وزاري علل محاليل الاملاح المشتقة من القواعد القوية والحوامض الضعيفة تعد محاليل قاعدية او المحلول المائي لخلات البوتاسيوم قاعدي التأثير

ج / الان القواعد عند ذوبانها بالماء تعطي ايونات ضعيفة لا يمكنها التفاعل مع ايونات الماء بينما الايون القادم من الحامض الضعيف (السالب) ايون قوي يتفاعل مع ايونات الماء وبالتالي ينقص تركيزه وبذلك يكون المحلول قاعدي التأثير

س اخترما يناسب التعابير التالية :- محلول سيانيد الامونيوم له تأثير (قاعدي / حامضي / متعادل) علماً

$K_b(NH_3) = 2\times10^{-5}$ و $K_a(HCN) = 4.9\times10^{-10}$

الجواب / من خلال القيم نجد ان $K_a < K_b$ لذلك فهو قاعدي

س علل تزداد قيمة الاس الهيدروجيني للماء المقطر عند اذابة كمية من خلات البوتاسيوم فيه

ج/ الملح قاعدي ناتج من قاعدة قوية KOH وحامض ضعيف هو حامض الخليك CH_3COOH

عند اذابته بالماء يتفاعل مع ايونات الخلات لتكوين حامض الخليك فان الماء لتعويض النقص الحاصل ايون

الهيدروجين H^+ مما يزيد تركيز OH^- مما يؤدي الى زيادة قيمة PH

قانون التحلل المائي هو $K_h = \frac{K_W}{K_a}$ او $PK_h = PK_W - PK_a$ يمكن حساب ثابت التحلل المائي

لاي ملح من قاعدة قوية وحامض ضعيف PK_h, PK_W, PK_a تمثل سالب لوغارتم قيم K_h, K_W, K_a

بما ان الحامض = $[OH^-]$ فان المحلول المائي للملح يساوي C_M يصبح القانون بالشكل التالي

$$[OH^-] = \sqrt{C \times \frac{K_W}{K_a}}$$ بما ان $[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]}$ ينتج القانون ($[H^+] = \sqrt{\frac{K_W \times K_a}{C}}$)

او من القانون التالي : $p^H = \frac{1}{2}\left(p^{K_W} + p^{K_a} + \log C\right)$

تمرين(3-10) احسب تركيز أيون الهيدروكسيد للمحلول المائي لملح سيانيد البوتاسيوم HCN وثابت تفكك الحامض $K_a(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$ تركيزه $0.1 mole/L$ هل المحلول حامضي أم قاعدي ج: 1.43×10^{-3} قاعدي

الاجابة :-

$$KCN \rightarrow K^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$
0.1

KCN ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف (ملح قاعدي)

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_W \times K_a}{C}} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 4.9 \times 10^{-10}}{0.1}}$$

$$[H^+] = \sqrt{49 \times 10^{-24}}$$ تربيع الطرفين

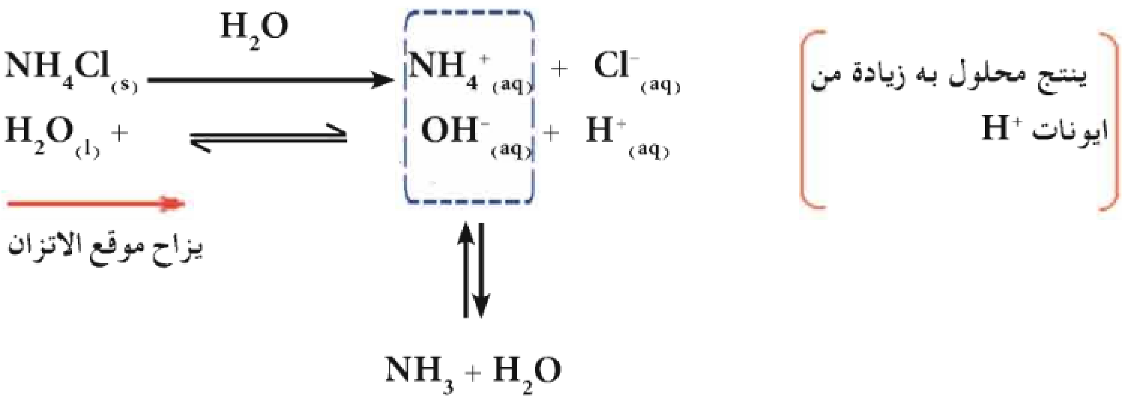
$$[H^+]^2 = 49 \times 10^{-24}$$ جذر الطرفين $$\Rightarrow [H^+] = 7 \times 10^{-12} mole/L$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{7 \times 10^{-12}} = 1.43 \times 10^{-3} mole/L$$

$[OH^-] > [H^+]$ اذن المحلول قاعدي

3- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية

هو تفاعل الايون الموجب للملح (العائد في الاصل للقاعدة الضعيفة)مع الماء لتكوين القاعدة الضعيفة غير المتفككة مع ايون H^+ يؤدي الى اخلال في حالة الاتزان بين الايونات $[H^+]$ و $[OH^-]$ في الماء مع زيادة $[H^+]$ وجعل هذا النوع من المحاليل حامضية مثال ملح ناتج من تفاعل الامونيا مع حامض قوي HCl يتفكك بشكل كامل :-



يتفاعل NH_4^+ (الحامض القرين للقاعدة الضعيفة NH_3) مع $[OH^-]$ وتكوين القاعدة الضعيفة غير المتفككة والماء لذلك تتأين جزيئة الماء لسد النقص في $[OH^-]$ وزيادة في $[H^+]$ ويصبح حامضياً ومن القوانين الخاصة بهذا النوع :- ويمكن البرهنة على ان $\boxed{K_h = \frac{K_W}{K_b}}$ حيث ان K_b هو ثابت تأين القاعدة الضعيفة $[H^+] = \sqrt{C \times \frac{K_W}{K_b}}$ بأخذ اللوغارتم للطرفين ينتج

$$\boxed{P^H = \frac{1}{2}\left(P^{K_W} - P^{K_b} - \log C\right)}$$

س/ علل تركيز $[Cl^-] > [NH_4^+]$ عند تحلل كلوريد الامونيوم NH_4Cl مائياً؟

الاجابة :- $NH_4Cl_{(S)} \xrightarrow{H_2O} NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$

قاعدة قرينة ضعيف حامض قرين قوي

$$H_2O \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

نلاحظ حامض قرين قوي NH_4^+ يتفاعل مع ايون $[OH^-]$ ليكون القاعدة الضعيفة غير متفككة وبذلك تتأين جزيئة الماء لسد النقص في تركيز $[OH^-]$ وزيادة في كمية $[H^+]$ مما يؤدي الى استهلاك NH_4^+ وبقاء $[Cl^-]$ ثابت وبذلك يصبح $[Cl^-] > [NH_4^+]$

تمرين (3-11) وزاري تمهيدي

احسب قيمة P^{OH} لمحلول نترات الامونيوم $P^K{}_b(NH_3)=4.74$ بتركيز 0.5 هل المحلول حامضي ام قاعدي ج/ 9.22 المحلول حامضي علماً ان (log 0.5=-0.30)

الاجابة: NH_4NO_3 ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة (ملح حامضي)

$$PH = \frac{1}{2}(PK_W - PK_b - \log C) \Rightarrow PH = \frac{1}{2}(14 - 4.74 - \log 0.5)$$

$$PH = \frac{1}{2}(9.26 + 0.30) \Rightarrow PH = \frac{1}{2}(9.56) \Rightarrow PH = \frac{9.56}{2} = 4.78$$

$$\Rightarrow \boxed{PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 4.78 \Rightarrow POH = 9.22}$$

$PH < POH$ اذن المحلول حامضي

تأثير الايون المشترك / هو سلوك محلول مائي يحوي على مذابين احدهما الالكتروليت الضعيف يتشابهان في احتوائهما على ايون مشترك هو الايون الناتج من تفكك الكتروليت قوي ويشبه احد أيوني الالكتروليت الضعيف

س ماهي انواع الايون المشترك

1- حامض ضعيف + ملحه القاعدي 2- قاعدة ضعيفة + ملحها الحامضي

كما موضح ادناه

س/ ما تأثير واهمية الأيون المشترك؟

ج/ 1 - يقلل من درجة تفكك الحوامض الضعيفة مثال يتفكك حامض الهيدروسيانيك HCN الى أيون $H^+ \ CN^-$ الى حالة توازن بين هذه الايونات وجزيئات الحامض الغير متفككة وعند اضافة KCN يتفكك بشكل كامل الى K^+, CN^- لذلك يزداد تركيز $[CN^-]$ في المحلول وحسب قاعدة لوشاتلية ينزاح تفاعل الحامض بالاتجاه الخلفي اي نحو زيادة تركيز الحامض لوجود الايون المشترك كما في المعادلات الاتية :

$\Leftarrow$

$$HCN \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

$$KCN \rightarrow K^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

نلاحظ ان تركيز $[H^+]$ يقل وتزداد قيمة PH وتقل قيمة POH والنسبة المئوية ودرجة التفكك هذا ما يحصل اعلاه يحصل لكل حامض ضعيف يضاف اليه ملحه

2- يقلل من درجة تفكك القواعد الضعيفة (تقل PH)

تفكك الامونيا في محلولها المائي الى ايونات OH^- , NH_4^+ يصل الى حالة الاتزان بين هذه الايونات وجزيئات القاعدة الضعيفة الغير متفككة وعند اضافة كلوريد الامونيوم يتكون الايون المشترك بين المحلولين ويزداد تركيز NH_4^+ وينزاح باتجاه القاعدة الضعيفة اي بالاتجاه الخلفي

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

نلاحظ ان تركيز $[OH^-]$ يقل وتزداد POH

وتقل كل من النسبة المئوية ودرجة التفكك و PH لوجود الايون المشترك NH_4^+ لكل قاعدة وملحها

س/ علل عند اضافة كلوريد الامونيوم المائي الى المحلول القاعدي الضعيف مثل الامونيا؟ وبالمعادلات ج/ اعلاه

س/ ما المقصود بالأيون المشترك ؟ ولماذا تزداد قيمة p^{OH} عند اضافة ملح الى قاعدة ضعيفة ؟ج/ نفس الاجابة أعلاه

س /كيف يمكن حل الامثلة الخاصة بالايون المشترك:

1 - كتابة المعادلات اولاً ونستخرج $[H^+],[OH^-]$ من المحلول الضعيف بعد تثبيت التراكيز الابتدائية والتراكيز عند حالة الاتزان قبل الاضافة من القوانين الاتية :

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{[acid]}, K_b = \frac{[OH^-]^2}{[base]}$$

2- اضافة الملح الى المحلول الحامضي الضعيف او القاعدي الضعيف (بالايون المشترك)

تمرين(3-12) ما هو التأثير الناتج من اضافة 26.75g (0.5mole) من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا بتركيز 0.1M على درجة تفكك القاعدة ؟ اذا علمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3)$ 1.8×10^{-5} ج/ درجة تفكك القاعدة اكبر بمقدار 360 الاجابة:- قبل الاضافة

المعطيات	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons$	$NH_4^+{}_{(aq)}$	$+ OH^-{}_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0. 1	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.1 -X	X	X

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[base]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{(X)^2}{0.1} \Rightarrow X^2 = 1.8\times10^{-6} \xrightarrow{\text{جذر}}$$

$$X = \sqrt{1.8\times10^{-6}} = 1.3\times10^{-3}M = [OH^-]$$

$$\text{درجة تفكك}(NH_3) = \frac{[OH^-]}{[base]} \Rightarrow \text{درجة تفكك الامونيا} = \frac{1.3\times10^{-3}}{0.1} = 1.3\times10^{-2}$$

بعد الاضافة بوجود الايون المشترك

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$
0.1 y y

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$
0.5 0.5 0.5

الايون المشترك $(y + 0.5)$ ويهمل $y \Rightarrow$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{0.5(y)}{0.1} \Rightarrow 0.5(y) = 1.8\times10^{-6}$$

$$y = \frac{1.8\times10^{-6}}{0.5} = 3.6\times10^{-6}(mole/L) \Rightarrow [OH^-] = 3.6\times10^{-6}(mole/L)$$

$$\text{درجة تفكك}(NH_3) = \frac{[OH^-]}{[base]} \Rightarrow \text{درجة تفكك الامونيا} = \frac{0.36\times10^{-5}}{0.1} = 0.36\times10^{-4}$$

اذن درجة تفكك القاعدة عند المقارنة بين درجة التفكك قبل وبعد اضافة كلوريد الامونيوم

بمقدار ($360 = \frac{1.3\times10^{-2}}{0.36\times10^{-4}}$ = درجة تفكك القاعدة) بفعل الايون المشترك تقل بمقدار 360 مرة

المحاليل المنظمة (محاليل بفر)// هي المحاليل التي تقاوم التغير في قيمة p^H عند اضافة كمية قليلة من حامض قوي او قاعدة قوية ويعتبر ماء البحر من محاليل بفر لاحتوائها على الاملاح

س/ ما هي انواع محاليل بفر؟

اولاً:- محلول حامض ضعيف وملحه عند اضافة حامض او قاعدة له نلاحظ ما يلي :

1 – في حالة اضافة حامض قوي زيادة في تركيز $[H^+]$ وينزاح التفاعل بالاتجاه الخلفي اي نحو الحامض وتقل PH ولكن بمقدار قليل ويقل تركيز الايون السالب العائد الى الحامض الضعيف اذن تركيز الحامض يزداد ويقل تركيز الملح ويمكن ان نستخرج تراكيزهما كما

مبين بعد الاضافة: $[acid]=[acid]+[H]$ زيادة الحامض و $[salt]=[salt]-[H]$

نقصان الملح ثم نستخدم القانون التالي : $PH=PK_a+\log\frac{[salt]}{[acid]}$ وبعدها يمكن ايجاد POH

ثم نستخدم القانون التالي : $PH=PK_a+\log\frac{[salt]}{[acid]}$ وبعدها يمكن ايجاد POH مقدار التغير

بالاس الهيدروجيني $\Delta PH=PH_2-PH_1$ مقدار التغير (PH) نجدها تقل بفعل الايون المشترك

2- في حالة اضافة قاعدة قوية الى محلول بفر تتحد ايونات OH^- من القاعدة القوية مع $[H^+]$ من الحامض لتكوين الماء لسد النقص في $[H^+]$ وحسب قاعدة لوشاتلية وبالتالي يزيد الحامض الضعيف من تفككه وبذلك تقل PH وعلية يقل $[H^+]$ رغم تفككه وتزداد PH بمقدار قليل يقل الحامض $[acid]_2=[acid]_1-[H]$ ويزداد الملح $[salt]_2=[salt]_1+[H]$ مع ملاحظة عدد مولات الايونات $[H^+],[OH^-]$ من المعادلة الموزونة $[H^+]=n[acid]$ و $[OH^-]=n[base]$

ثانياً :- محلول قاعدي ضعيف + ملحه

1- اضافة حامض قوي اليه تقل القاعدة ويزداد الملح ثم نكمل كما مبين اعلاه زيادة $[H^+]$ يتحد مع $[OH^-]$ القادمة من الماء وتكوين الماء مما يؤدي الى تفكك القاعدة ويكون اتجاه التفاعل نحو الامام اي بقاء P^H ثابتة

2- اضافة قاعدة قوية اليه تزداد القاعدة ويقل الملح ثم نكمل كما مبين اعلاه زيادة $[OH^-]$ ينزاح بالاتجاه الخلفي والعودة مجدداً الى حالة الاتزان القانون المستخدم في محلول قاعدة ضعيفة + ملحها هو

$POH=PK_b+\log\frac{[salt]}{[base]}$ او $[H^+]=K_a\times\frac{[acid]}{[salt]}$ او $[OH^-]=K_b\times\frac{[base]}{[salt]}$

س كيف حل امثلة محلول بفر؟

1- قبل الاضافة نستخرج PH اذا كان لحامض ضعيف وملحه مباشرة من قانون بفر اما اذا كان لقاعدة وملحها نستخرج POH من قانون بفر ثم نجد PH من القانون الاتي ($PH+POH=14$) ثم بعد الاضافة

2 - نستخرج تركيز الحامض القوي او القاعدة القوية اذا كانت الكمية صغيرة اي بالمولات نستخدم القانون الاتي

$M=\frac{n(mole)}{V(L)}$ بعد تحويل الحجم الى لتر اذا كان (mL) اما اذا كانت الكمية المضافة كبيرة (المولارية)

نستخدم قانون التخفيف $M_1V_1=M_2V_2$ ونستخدم القوانين الاتية:

$$[base]_2=[base]_1+[OH^-],[salt]_2=[salt]_1-[OH^-]$$

$$[Acid]_2=[Acid]_1+[H^+],[salt]_2=[salt]_1-[H^+]$$

3 – نستخدم قانون محلول بفر لحامض ضعيف وملحه $PH=PK_a+\log\frac{[salt]}{[acid]}$

اذا كان لقاعدة ضعيفة وملحها القانون الاتي $POH=PK_b+\log\frac{[salt]}{[base]}$

وبعدها نجد $PH + POH = 14$ ثم مقدار التغير $\Delta PH = PH_2 - PH_1$

ملاحظات هامة تخص ΔPH

1- نجد قيمة PH_1 قبل الاضافة 2- نجد قيمة PH_2 بعد الاضافة 3- نطبق العلاقة $\Delta PH = PH_2 - PH_1$

- عندما تكون مقدار التغير موجب عند اضافة مادة قاعدية (قاعدة او ملح قاعدي)
- عندما تكون مقدار التغير سالب عند اضافة مادة حامضية (حامضي او ملح حامضي)
- عندما توجد كلمة تغير تعني زيادة الاس الحامضي اذا كانت الاضافة قاعدية – وتعني نقصان اذا كانت الاضافة حامضية - $\Delta PH = -POH$

تمرين (3-13) احسب PH لمحلول يحتوي على NH_3 بتركيز $0.15 mole / L$, NH_4Cl وبتركيز $0.3 mol / L$ قارن النتيجة مع قيمة PH محلول الامونيا ذي تركيز $0.15 mole / L$ علماً ان $PKb = 4.7$ $\log 1.8 = 0.26, \log 16 = 1.204, \log 2 = 0.3$ الاجابة ☹وزاري)

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$
0.15

$$NH_4Cl_{(S)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$
0.3

الايون المشترك

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = 4.47 + \log\frac{0.3}{0.15}$$

$$POH = 4.47 + \log\frac{30}{15} \Rightarrow POH = 4.47 + \log 2 \Rightarrow POH = 4.47 + 0.3$$

$$\boxed{POH = 5.04} \Rightarrow PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - POH \Rightarrow \boxed{PH = 14 - 5.04 = 8.96}$$

المعطيات	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons$	$NH_4^+{}_{(aq)}$	$+ OH^-{}_{(aq)}$
التراكيز الابتدائية	0.15	0	0
التراكيز عند الاتزان	0.15 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{NH_3} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.15} \Rightarrow X^2 = 0.27 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow X = \sqrt{2.7 \times 10^{-6}} \Rightarrow X = 1.6 \times 10^{-3} M = [OH] \Rightarrow POH = -\log[OH^-]$$

$$POH = -\log 16 \times 10^{-4} \Rightarrow \boxed{P^{OH} = 4 - 1.204 = 2.796}$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow \boxed{PH = 14 - 2.796 = 11.204}$$

تمرين (3-14) ما تأثير حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز $0.3 mole / L$ اذا علمت ان قيمة PH المحلول كانت تساوي 4.31 علماً علماً ان $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$ و log0.37= - 0.43 ج/ 0.81M الاجابة :-

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$X mole / L$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$
$$0.3 mole / L$$

وجود الايون المشترك

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow 4.31 = -\log 1.8\times10^{-5} + \log\frac{0.3}{[X]}$$

$$4.31 = 5 - 0.26 + \log\frac{0.3}{[X]} \Rightarrow 4.31 - 4.74 = +\log\frac{0.3}{[X]}$$

$$\frac{\log}{\log}\frac{0.3}{X} = \frac{-0.43}{\log} \Rightarrow \frac{0.3}{X} = 10^{-0.43} \Rightarrow \frac{0.3}{X} = 0.37 \Rightarrow X = \frac{0.3}{0.37} = 0.81M$$

مثال (3-16) احسب قيمة الاس الهيدروجيني **PH** بعد اضافة **1mL** من محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه **10M** الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز **0.1M** وخلات الصوديوم بتركيز **0.1M** علماً ان **PKa = 4.74** (log11=1.041 , log9= 0.954) (يكرر بالوزاري) انتبه الى عدد الايونات H^+

الاجابة:-

مزيج بفري من حامض الخليك وخلات الصوديوم بالمعادلات الاتية :

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$
$$CH_3COONa_{(s)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$$

نحسب التركيز المولاري للحامض HCl من قانون التخفيف ($M_1V_1=M_2V_2$)

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10 mole / L \times \frac{1}{1000} = M_2 \times 1L$$

$$M_2 = 0.01 mole / L$$

نلاحظ زيادة الحامض الضعيف وقلة الملح

$$[acid]_2 = [acid]_1 + [H^+] \Rightarrow [acid]_2 = 0.1 + 0.01 = 0.11 mole / L$$

$$[salt]_2 = [salt]_1 - [H^+] \Rightarrow [salt]_2 = 0.1 - 0.01 = 0.09 mole / L$$

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow PH = 4.74 + \log\frac{0.09}{0.11} \Rightarrow PH = 4.74 + \log\frac{9}{11}$$

$$PH = 4.74 + \log 9 - \log 11 \Rightarrow PH = 4.74 + (0.954 - 1.041) \Rightarrow PH = 4.74 - 0.087 = 4.653$$

تمرين(3-15) (وزاري) وتغير الحامض المضاف او القاعدة ونتبه الى الايونات (H^+, OH^-) احسب قيمة **PH** (آ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M ، (ب) لنفس محلول بفر لكن بعد اضافة 1mL من محلول حامض الكبريتيك تركيزه 10M، ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة *PH* وناقش النتيجة علماً ان PK_b=4.74 علماً ان (Log12=1.078 / Log8=0.903) الاجابة:

قبل اضافة الحامض

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(S)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$

الايون المشترك

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = 4.74 + \log\frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74 + \log 1 \Rightarrow POH = 4.74 + 0 \Rightarrow POH = 4.74$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - POH \Rightarrow PH_1 = 14 - 4.74 = 9.26$$

بعد الاضافة H_2SO_4 نجد التركيز المولاري من قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10\,mole/L \times 1\,mL \times \frac{1}{1000\,mL} = M_2 \times 1L$$

$$[H_2SO_4]_2 = (0.01\,mole/L) \Rightarrow [H] = n \times [H_2SO_4]_2$$

$$[H] = 2 \times 0.01 = 0.02(mole/L)$$

نلاحظ زيادة الملح ونقصان القاعدة

$$[base]_2 = [base]_1 - [H^+] \Rightarrow [base]_2 = 0.1 - 0.02 = 0.08\,mole/L$$

$$[salt]_2 = [salt]_1 + [H^+] \Rightarrow [salt]_2 = 0.1 + 0.02 = 0.12\,mole/L$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = 4.74 + \log\frac{0.12}{0.08} \Rightarrow$$

$$POH = 4.74 + \log\frac{12}{8} \Rightarrow POH = 4.74 + \log 12 - \log 8 \Rightarrow$$

$$POH = 4.74 + (1.078 - 0.903) \Rightarrow POH = 4.74 + 0.175 \Rightarrow \boxed{POH = 4.915}$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 4.915 = 9.085$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 9.085 - 9.26 \Rightarrow \boxed{\Delta PH = -0.175 \approx -0.2}$$

س/ عندما لا تنخفض PH محلول بفري لحامض الخليك (حامض ضعيف) مع خلات الصوديوم عند اضافة كمية قليلة من حامض HCl القوي ؟ بينما اضافته الى الماء النقي يؤدي الى نقصان حاد في قيمة PH؟

ج/ عند تفكك الحامض القوي يؤدي الى زيادة ملحوظة في تركيز $[H^+]$ لان هذا الايون لا يبقى طليقاً في المحلول لانه يتفاعل مع ايونات الخلات الناتجة من تأين الحامض وتكوين حامض الخليك القليل التفكك وبذلك لا تنخفض قيمة PH المحلول بل تبقى ثابتة تقريباً كما في المعادلات الاتية:

$$\left(\begin{array}{l} HCl \rightarrow H^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \\ CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} \\ H^+{}_{(aq)} + CH_3COO^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH \end{array}\right) \Rightarrow CH_3COO^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH$$

بينما اضافة الحامض الى الماء النقي يؤدي الى زيادة كبيرة في تركيز ايون H^+ مما يؤدي الى نقصان في PH

ملاحظة / يحث نفس الشيء عند اضافة قاعدة قوية الى الماء النقي فان OH^- يزداد بشكل كبير بينما اضافة القاعدة القوية لا يكون OH^- القادم من القاعدة طليق بل يتفاعل H^+ القادم من تفكك الخليك مكوناً الماء وبذلك لا

تتأثر PH في محلول بفر (اصبح تقريباً متعادل اي بقاء PH المحلول ثابتة)
ملاحظة ما يلي : في حالة اضافة زيادة بالحامض الضعيف ونقصان بالملح في حالة اضافة القاعدة زيادة بالملح ونقصان في الحامض الضعيف كما وردة سابقاً بالملزمة

س/ عند لا تنخفض PH محلول بفري لحامض الخليك (حامض ضعيف) مع خلات الصوديوم عند اضافة كمية قليلة من حامض NaOH القوي

الجواب ج/ عند تفكك القاعدة القوي يؤدي الى زيادة ملحوظة في تركيز $\left[OH^-\right]$ لان هذا الايون لا يبقى طليقاً في المحلول لانه يتفاعل مع ايونات H^+ القادمة من تأين الحامض لتكوين الماء لذلك يبدء الحامض بالتفكك من اجل التعويض النقص في ايونات H^+ وبذلك لا تنخفض قيمة PH المحلول بل تبقى ثابتة تقريباً كما في المعادلات الاتية:

$$\left(\begin{array}{l} CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} \\ H^+{}_{(aq)} + CH_3COO^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOH \\ NaOH \rightarrow OH^- + H^+ \end{array}\right) \Rightarrow H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O$$

الذوبانية وثابت حاصل الذوبان :-
هنالك بعض المواد الالكتروليتية (الاملاح) والتي عند اضافتها الى الماء يذوب جزء ضئيل جداً في الماء وتدعى الاملاح شحيحة الذوبان الى ان تصل حالة اشباع (توازن) بين الجزء الغير ذائب من الملح والجزء الذائب وبما المادة الالكتروليتية قوية فأن الجزء الذائب تتأين كلياً الى ايونات سالبة وموجبة وبما ان الجزء الذائب بحالة اتزان مع الجزء غير ذائب (الصلب) كما في المعادلة الاتية حيث (AB) بمثل الملح الشحيح الذوبان بالماء $AB_{(S)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A^+{}_{(aq)} + B^-{}_{(aq)}$ ويعبر عن ثابت الاتزان K_{eq} لهذه العملية بالعلاقة الاتية:

$K_{eq} = \dfrac{\left[A^+\right]\left[B^-\right]}{\left[AB\right]\left[H_2O\right]}$ ويمكن اعتبار قيم $\left[AB\right]$ و $\left[H_2O\right]$ ثابتة لتفكك جزء من الملح والماء المتكون هو المذيب نحصل على العلاقة الاتية: $K_{SP} = \left[A^+\right]\left[B^-\right]$ وبالتعويض في K_{eq}

$$K_{SP} = K_{eq}\left[AB\right]\left[H_2O\right]$$

الذوبانية / هي عدد مولات الملح التي تذوب في لتر واحد من المحلول المشبع للملح اي عند حالة الاتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة وتدعى الذوبانية المولارية والتي تمثل الايونات الناتجة من تفكك الملح في المحلول عند الاتزان ويرمز لها (S)

ثابت حاصل الذوبان:- يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية (للايونات المكونة للمركب) عند حالة الاتزان كل مرفوع لاس مساو لعدد الايونات في المعادلة الكيميائية الموزونة التي تعبر عن تفكك المركب ويرمز له (K_{SP}) كما في القانون الاتي $K_{SP} = \left[A^+\right]\left[B^-\right]$ وتدعى بالذوبانية المولارية

س/ ماهي العلاقة التي تربط K_{SP} مع S ؟ ج/ K_{SP} تتناسب طردياً مع الذوبانية المولارية S

س/ ما اهمية الحاصل الايوني Q_{SP} وثابت حاصل الذوبان K_{SP} ؟

1- اذاكان $K_{SP} = Q_{SP}$ اذن المحلول مشبع وفي حالة اتزان

2- اذاكان $K_{SP} < Q_{SP}$ اذن المحلول فوق المشبع ويحصل الترسيب

3- اذاكان $K_{SP} > Q_{SP}$ اذن المحلول تحت المشبع ولا يحصل الترسيب

وتقسم الاملاح الى :-

اولاً: - الاملاح احادية – احادية و ثنائية – ثنائية كما في الامثلة $(AgCl, BaSO_4, PbSO_4)$ يكون

$$AgCl_{(S)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$
S S

$$BaSO_{4(S)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + SO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
S S

$$K_{SP} = (S)(S)$$
$$K_{SP} = S^2$$

ثانياً:- الاملاح احادية – ثنائية كما في الامثلة ($Mg(OH)_2, Zn(OH)_2, CaF_2$)

$$CaF_{2(S)} \rightleftharpoons Ca^{+2}_{(aq)} + 2F^{-}_{(aq)}$$
S 2S

$$Zn(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)}$$
S 2S

$$K_{SP} = (S)(2S)^2$$
$$K_{SP} = 4S^3$$

ثالثاً:- الاملاح ثنائي – ثلاثي كما في الامثل ($Ca_3(PO_4)_2$)

$$Ca_3(PO_4)_{2(S)} \rightleftharpoons 3Ca^{+2}_{(aq)} + 2PO_4{}^{-}_{(aq)}$$
3S 2S

$$K_{SP} = (3S)^3(2S)^2 \Rightarrow K_{SP} = 27S^3 \times 4S^2$$
$$K_{SP} = 108S^5$$

س / علل تختلف الاملاح (المواد الصلبة) في ذوبانها في الماء ؟

ج/ لان تعتمد على:-

1- الفرق في مقدار الطاقة اللازمة لكسر الاواصر الرابطة بين الايونات المكونة للمادة

2 - ومقدار ماينتج من الطاقة لانتشار هذه الايونات في الماء

س/ كيف يمكن معرفة الاملاح الشحيحة الذوبان ؟

ج/ من خلال اعطاء الذوبانية او طلب حساب الذوبانية او اعطاء ثابت حاصل الذوبان K_{SP} عكس ذلك يعتبر الملح تام الاذابة

كيف يمكن حل الامثلة الخاصة بالذوبانية المولارية :-

1 - اذا كانت K_{SP} معلومة والمطلوب عدد المولات او الغرامات (الذوبانية المولارية S)

يجب تحديد نوع الملح وكتابة المعادلة وكتابة قانون ثابت الذوبان K_{SP} من الايونات الناتجة من تفكك الملح مضروبة بعدد مولاتها ومرفوعة لاس تلك المولات ثم جذرالطرفي نحصل على الذوبانية المولارية

2 - اما اذا كانت الذوبانية معلومة يمكن ان نستخرج K_{SP} من القانون الخاص به

3 - اما اذا كان المطلوب عدد المولات او الغرامات المترسبة نستخرج الذوبانية التي تمثل الجزء الذائب وتطرح من الاصلي ليكون الناتج هو المترسب من الملح الشحيح ويمكن ايجاد PH

اذا استخرجنا $[H^+][OH^-]$ ومن قانون $K_W=[H^+][OH^-]$ تم $PH=-\log[H^+]$

مثال (3-18) احسب K_{SP} لملح كبريتات الباريوم اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المائي المشبع يحوي 0.0025g من ملح $BaSO_4$ الذائب

الاجابة:- اولاً نحول عدد الغرامات الى المولارية (S) :-

$$S(mole/L)=\frac{m(g/L)}{M(g/mole)}\Rightarrow S(mole/L)=\frac{0.0025(g/L)}{233(g/mole)}=1.1\times10^{-5}(mole/L)$$

الحل تكتب المعادلة اولاً :-

$$BaSO_{4(S)}\rightleftharpoons Ba^{+2}{}_{(aq)}+SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$
$$(1.1\times10^{-5})(1.1\times10^{-5})$$
$$K_{SP}=[Ba^{+2}][SO_4^{-2}]\Rightarrow K_{SP}=(S)\times(S)\Rightarrow$$
$$K_{SP}=(1.1\times10^{-5})(1.1\times10^{-5})\Rightarrow K_{SP}=1.21\times10^{-10}$$

مثال (3-19) اذا علمت ان ايون F^- في محلول يساوي $2\times10^{-2}M$ احسب ادنى تركيز من ايون Ca^- يكون لازماً وجودة في المحلول لبدء ترسيب فلوريد الكالسيوم $K_{SP}=(4.9\times10-11)$

الحل تكتب المعادلة اولاً:-

$$CaF_2\rightleftharpoons Ca^{+2}{}_{(aq)}+2F^-{}_{(aq)}$$
$$S \qquad 2S$$

ملاحظة:- اذا كانت قيمة الايون معلومة تحل محل 2S وترفع لأس مولاتها فقط

$$K_{SP}=[Ca^{+2}][F^-]\Rightarrow K_{SP}=(S)\times(2S)^2\Rightarrow$$
$$4.9\times10^{-11}=(XM)(2\times10^{-2})^2\Rightarrow[Ca^{+2}]=\frac{4.9\times10^{-11}}{4\times10^4}=1.225\times10^{-7}M$$
$$Q_{SP}=[Ca^{+2}][F^-]^2\Rightarrow Q_{SP}=(1.23\times10^{-7})(4\times10^4)\Rightarrow Q_{SP}=4.92\times10^{-11}$$

اذن $Q_{SP}\geq K_{SP}$ المحلول فوق المشبع (يحصل الترسيب)

تمرين (3-16)

اذا علمت ان لتراً واحداً من المحلول المشبع لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M=332g/mole)$ يحوي $0.0215g$ من الملح ، احسب KSP لهذا الملح ج/ $K_{SP}=1.09\times10^{-12}$

الاجابة : نحول عدد الغرامات الى المولارية من القانون التالي :

$$M=\frac{m(g/L)}{M(g/mole)}\Rightarrow S(mile/L)=\frac{0.0215(g/L)}{332(g/mole)}=6.48\times10^{-5}M$$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+}{}_{(aq)} + CrO_4{}^{-2}{}_{(aq)}$$

2S S

$$2\left(6.48\times10^{-5}\right)\left(6.48\times10^{-5}\right)$$

$$\left(12.96\times10^{-5}\right)\left(6.48\times10^{-5}\right)$$

$$K_{SP}=\left[Ag^{+}\right]^{2}\left[CrO_4{}^{-2}\right]\Rightarrow K_{SP}=\left(12.96\times10^{-5}\right)^{2}\times\left(6.48\times10^{-5}\right)$$

$$K_{SP}=\left(167.9616\times10^{-10}\right)\times\left(6.48\times10^{-5}\right)$$

$$K_{SP}=1088.3912\times10^{-15}\Rightarrow K_{SP}=1.09+10^{-12}$$

تمرين (3-17) احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة (g/L)لملح كلوريد الفضة AgCl في محلوله عند حالة الاتزان اذا علمت ان $(M=143g/mole)$ $K_{PS}(AgCl)=1.8\times10^{-10}$

ج/ $1.3\times10^{-5}mole/L, 1.93\times10^{-3}g/L$ وزاري

الاجابة :-

$$AgCl_s \rightleftharpoons Ag_{(aq)}{}^{+} + Cl_{(aq)}{}^{-}$$

(S) (S)

$$K_{PS}=\left[Ag^{+}\right]\times\left[Cl^{-}\right]\Rightarrow K_{PS}=S^{2}$$

$$1.8\times10^{-10}=S^{2}\Rightarrow S=\sqrt{1.8\times10^{-10}}\Rightarrow S=1.34\times10^{-5}(mole/L)$$

$$m(g/L)=S\times M\Rightarrow g/L=1.34\times10^{-5}\left(mole/L\right)\times143.5\left(g/mole\right)$$

$$m\left(g/L\right)=192.290\times10^{-5}\Rightarrow m\left(g/L\right)=1.93\times10^{-3}\left(g/L\right)$$

تمرين (3-18)

ما هي اقل دالة حامضية PH لمحلول يحوي ايون الحديد (III) بتركيز $2\times10^{-10}M$ والتي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد (III) بالظهور في المحلول علماً ان K_{SP} هيدروكسيد الحديد (III) تساوي 5×10^{-38} علماًن $\log1.58=0.2$ الاجابة:-

$$Fe(OH)_{3(s)} \rightleftharpoons Fe^{3+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)}$$

S 3S

$$K_{SP}=\left[Fe^{+}\right]\left[OH^{-}\right]^{3}\Rightarrow 5\times10^{-38}=\left(2\times10^{-10}\right)\left[OH^{-}\right]^{3}$$

$$\left[OH^{-}\right]^{3}=\frac{5\times10^{-38}}{2\times10^{-10}}\Rightarrow\left[OH^{-}\right]^{3}=2.5\times10^{-28}$$

$$\left[OH^{-}\right]=\sqrt[3]{250\times10^{-30}}\Rightarrow\left[OH^{-}\right]=6.3\times10^{-10}(mole/L)$$

$$K_W=\left[H^{+}\right]\left[OH^{-}\right]\Rightarrow1\times10^{-14}=\left[H^{+}\right]\left(6.3\times10^{-10}\right)$$

$$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{6.3\times10^{-10}} = 0.0158\times10^{-3}(mole/L)$$

$$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 1.58\times10^{-5} \Rightarrow PH = 5-0.2 = 4.8$$

س/ ما هي العوامل المؤثرة على الذوبانية ؟
ج/ اولاً :- درجة الحرارة ثانياً :- تأثير الايون المشترك ثالثاً :- تأثير الاس الهيدروجيني PH
اولاً :- درجة الحرارة:-
ان عملية ذوبان اي مادة يصاحبها امتصاص طاقة للتغلب على قوى الترابط بين مكونات المادة المذابة والتي نحصل عليها من انتشار الايونات في الوسط المائي مما يؤدي الى انخفاض او ارتفاع في درجة الحرارة المحلول اذن الفرق بين الطاقة الممتصة والمنبعثة تزداد ذوبانية معظم المواد الشحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة ويختلف من مادة الى اخرى اما في حالة الانخفاض درجة حرارة المحلول تقل الذوبانية
ثانياً :- تأثير الايون المشترك:-
ذوبانية اي الكتروليت ضعيف (ملح شحيح الذوبان) في حالة وجود الايون المشترك تنخفض اي زيادة في الايونات المشتركة لهذه المادة في المحلول وجود الايون المشترك ينعكس التفاعل بالاتجاه الخلفي وبالتالي تقل الذوبانية ويزداد الترسيب وحسب قاعدة لوشاتلية

س/ كيف تحل الامثلة الخاصة بالذوبانية بوجود الايون المشترك ؟
ج/ اولاً:- نفس خطوات حل امثلة الذوبانية
ثانياً :- كتابة المعادلات للملح الشحيح الذوبان والالكتروليت القوي المضاف ثم نجمع الايون المشترك بين الملح الشحيح الذوبان(y^-) والالكتروليت القوي (X) بشكل $(y^- + X)$ وبعدها يهمل y^- ثم نطبق قانون K_{SP} للملح الشحيح الذوبان وكذلك يمكن ايجاد تركيز الالكتروليت القوي بعد اعطاء الذوبانية وبعد اضافة الالكتروليت القوي كما مبين في المثال التالي :-
س / قابلية ذوبان ملح كبريتات الرصاص في محلوله المائي المشبع $(1\times10^{-4}\ M)$ بين كم ملي لتر من H_2SO_4 تركيزه $(10M)$ اضافتها الى لتر من محلول لجعل قابلية ذوبانه (1×10^{-6})
الاجابة :- تكتب المعادلة للملح الشحيح الذوبان ونستخرج K_{SP}

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{2+}{}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}{}_{(aq)}$$

S S

(1×10^{-4}) (1×10^{-4})

$$K_{Sp} = [pb^+][SO_4^-] \Rightarrow K_{Sp} = (1\times10^{-4})(1\times10^{-4}) = 1\times10^{-8}$$

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{2+}{}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}{}_{(aq)}$$

10^{6-} 10^{6-}

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+{}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}{}_{(aq)}$$

y $2y$ y

وجود الايون المشترك يهمل 10^{-6}

$$\Rightarrow [SO_4{}^{-2}] = (y + 10^{-6})$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4{}^{-2}] \Rightarrow 10^{-8} = 10^{-6}y \Rightarrow y = \frac{10^{-8}}{10^{-6}} = 10^{-2}$$

$$[H_2SO_4] = 0.01M$$

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10(mole/L) \times V_1 = 0.01 \times 1L$$

$$V_1 = \frac{0.01(mole/L) \times 1L}{10(mole/L)} = 0.001(L) \Rightarrow V_1 = 0.001(L) \times 1000 = 1mL$$

مثال (3-20)

ماهي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $(K_{SP} = 1.57 \times 10^{-9})$ (آ) في الماء النقي
(ب) في محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 بتركيز 0.02mole ؟ ثم قارن النتائج

الاجابة :- تكتب المعادلة للملح الشحيح الذوبان

جواب (آ)

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^+_{(aq)} + 2IO_3^-{}_{(aq)}$$
$$S \qquad 2S$$

$$K_{SP} = [Ba^+] + [IO_3^-] \Rightarrow 1.57 \times 10^{-9} = (S)(2S)^2$$

$$1.57 \times 10^{-9} = 4S^3 \Rightarrow S^3 = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$

$$S = \sqrt[3]{0.3925 \times 10^{-9}} = 0.732 \times 10^{-3}(mole/L) \Rightarrow S = 7.32 \times 10^{-4}(mole/L)$$

(ب) $K\,IO_3$ ملح الكتروليت قوي تكتب المعادلات للقوي والضعيف (بوجود الايون المشترك)

$$Ba(IO_3)_2 \rightarrow Ba^+_{(aq)} + 2IO_3^-{}_{(aq)}$$
$$y \qquad y \qquad 2y$$
$$KIO_3 \rightarrow K^+_{(aq)} + IO_3^-{}_{(aq)}$$
$$0.02 \qquad 0.02 \qquad 0.02$$

$\Rightarrow$ بوجود الايون المشترك يهمل $2y$

$$K_{SP} = [Ba^+][IO_3^-]^2 \Rightarrow 1.57 \times 10^{-9} = (y)(0.02)^2$$

$$y = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{0.0004} = 3.925 \times 10^{-6}(mole/L)$$

الذوبانية $Ba(IO_3)_2$ في الماء المقطر اكبر من مما هي عليه في محلول $K\,IO_3$ تكون النسبة بينهما

هي : $\frac{7.3 \times 10^{-4}}{3.9 \times 10^{-6}} = 187$

ثالثاً:- تأثير الاس الهيدروجيني :- تعتمد ذوبانية كثير من المواد على تركيز ايون H^+ ، OH^- و في المحلول يتغيرمقدار ذوبانية مع تغير قيمة P^H للمحلول ومن خلال تأثير الايون المشترك مثل $Mg(OH)_2$

(آ) اضافة (HCl) اليه يزداد $[H^+]$, (P^H) تقل $Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

لتكون الماء وبالتالي تزداد الذوبانية لان الملح يتفكك وكما في المعادلات الاتية :

$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons^{\Rightarrow} Mg^{+}{}_{(aq)} + 2OH^{-}{}_{(aq)}$$

$$HCl \rightarrow H^{+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)}$$

$$\Rightarrow H^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)} \rightarrow H_2O$$

(ب) اضافة قاعدة مثل NaOH الى المحلول نلاحظ تقل الذوبانية لوجود الايون المشترك وتصبح زيادة في تركيز الايون المشترك $[OH^-]$ وينزاح التفاعل بالتجاه الخلفي مما يؤدي الى قلة الذوبانية وزيادة الترسيب كما في المعادلات الاتية :

$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons^{\Leftarrow} Mg^{+}{}_{(aq)} + 2OH^{-}{}_{(aq)}$$

$$NaOH \rightarrow H^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)}$$

س/ كيف يمكن حل الامثلة الخاصة بالذوبانية ؟

ج/1- ايجاد $[H^+]$ اذا كانت PH معلومة من القانون التالي $[H^+] = 10^{-PH}$ ثم $[OH^-] = \dfrac{1\times10^{-14}}{[H^+]}$

وبعدها تحل مكان ايون $2OH^-$ في معادلة تفكك الملح الشحيح الذوبان وترفع لاس مولاتها

2 – اذا كانت معلومة POH نجد $[OH^-]$ من القانون التالي $[OH^-] = 10^{-POH}$ ثم نكمل الحل كما في النقطة الاولى كما في الامثلة الاتية :-

---

مثال (3-21)

احسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد الهيدروجين $K_{SP} = 1.8\times10^{-11}$ في محلول مائي تثبت درجة حموضته عند $PH = 10.5$ علماً ان $\log 3.2 = 0.5$

(أ) يحسب $[H^+]$ في المحلول المائي الذي $P^H = 10.5$ ثم نجد $[OH^-]$ من القانون التالي:

$$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-10.5} \Rightarrow [H^+] = 10^{-10.5}\times10^{+11}\times10^{-11}$$

$$[H^+] = 10^{0.5}\times10^{-11} \Rightarrow [H^+] = 3.2\times10^{-11}(mole/L)$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{3.2\times10^{-11}} = 3.1\times10^{-4}(mole/L)$$

(ب) تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة ثم نحسب الذوبانية المولارية نفرضها(S) ثم نعوض قيمة $[OH^-]$ محل

كما مبين ادناه :- $[H^+] = 10^{-PH}$

$$Mg(OH)_{2(S)} \rightleftharpoons Mg^{+2}{}_{(aq)} + 2OH^{-}{}_{(aq)}$$

S   S $3.1\times10^{-4}M$

$$K_{SP} = [Mg^{+2}][OH]^2 \Rightarrow 1.8\times10^{-11} = (S)\times(3.1\times10^{-4})^2 \Rightarrow$$

$$1.8\times10^{-11} = (S)\times(9.61\times10^{-8}) \Rightarrow S = \frac{1.8\times10^{-11}}{9.61\times10^{-8}} = 0.19\times10^{-4}(mole/L)$$

تساوي الذوبانية المولارية للمركب $Mg(OH)_2$ في محلول عند $PH = 10.5$

تمرين (3-20) احسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين في محلول ثبتت درجة حموضته عند (آ) $PH = 6.0$ و(ب) $PH = 9.0$ اذا علمت ان $K_{SP} = (Zn(OH)_2) = 1.2\times10^{-17}$ وزاري

الاجابة:-

$PH = 6.0 \Rightarrow PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - PH \Rightarrow POH = 14 - 6 = 8$

$[OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-8}$

(آ) تكتب المعادلة الموزونة ونجد الذوبانية المولارية نفرضها (S)

$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

S 2S

$K_{Sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2 \Rightarrow 1.2\times10^{-17} = (S)(10^{-8})^2$

$1.2\times10^{-17} = (S)(10^{-16}) \Rightarrow S = \frac{1.2\times10^{-17}}{10^{-16}} = 1.2\times10^{-1} \Rightarrow S = 0.12M$

$PH = 9.0 \Rightarrow PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - PH \Rightarrow POH = 14 - 9 = 5$

ب

$[OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-5}$

$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

S 10^{-5}

$K_{Sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2 \Rightarrow 1.2\times10^{-17} = (S)(10^{-5})^2$

$1.2\times10^{-17} = (S)(10^{-10}) \Rightarrow S = \frac{1.2\times10^{-17}}{10^{-10}} = 1.2\times10^{-7}M$

تقل الذوبانية

ملاحظة / يمكن استعمال القوانين معرفة قيمة $[H^-]$ اذا كانت قيم PH تساوي كسور عشرية

كما مبين نأخذ الكسرالعشري +ماتبقى من العدد 1 ثم نجمعه مع قيمة العدد الصحيح PH

مثال $PH = 9.3$ الحل/

$0.3 + 0.7 = 1 \Rightarrow 9 + 1 = 10$

ثم ندخل $\log^{-1}$ لحساب $[H^-]$ كما مبين $[(+10 - P^H) + (-10)]$

$[H^+] = \log^{-1}[(10 - 9.3) + (-10)] \Rightarrow [H^+] = \log^{-1}0.7 \times \log^{-1}(-10)$

$[H^+] = 10^{0.7} \times 10^{-10} \Rightarrow [H^+] = 5\times10^{-10}M$

ويمكن معرفة قيمة $\log X^y$ بالشكل الاتي

$(\log X^y = y \times \log X)$ و $\log X^y$ تعطى بالسؤال

ويمكن الاختصارلذلك كما مبين

$$[H^+]=10^{-PH} \Rightarrow [H^+]=(10^{-9.3}\times 10^{-10})\times 10^{-10}$$

$$[H^+]=10^{0.7}\times 10^{-10} \Rightarrow [H^+]=5\times 10^{-10}$$

حيث ان قيمة $\log 5 = 0.7$ نأخذ العدد الذي بجانب الوغارتم ويحل بدلا من $10^{0.7}$

حل أسئلة الفصل الثالث

س(3-1) المعادلة الاتية تبين حالة الاتزان بين جزيئات الماء وايوناته : $2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

آ- هل يتأثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة ب- ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند درجة $25C^0$ وكم هو تركيز أيون الهيدروجين وتركيز أيون الهيدروكسيد في الماء النقي

(آ) نعم يتأثر الاتزان بتغير درجة الحرارة $2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

وتزداد قيمة K_W وزيادة درجة الحرارة يكون تفاعل ماص للحرارة

(ب) قيمة الحاصل الايوني عند درجة $25C^0$ تساوي 1×10^{-14} ويصبح

$[H^+]=[OH^-]1\times 10^{-7}$ مما تكون قيمة كل من $PH=7$ و $POH=7$

س(3-2) جد مقدار التغير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل الاتية :

1- 1ml من HCl تركيز 10M 2- 1ml من NaOH تركيزه 10M

الحل (1) نستخرج التركيز المولاري علماً ان قيمة $PH_1=7$ للماء النقي

$$M_1\times V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 1\not{0}\,(mole/L)\times 1\,\not{mL}\times \frac{1(L)}{100\not{0}\,(\not{mL})} = M_2\times 1(L)$$

$$M_2 = \frac{0.01(mole/L)(\not{L})}{1(\not{L})} = 0.01(mole/L)$$

$$\begin{pmatrix} HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \\ 0.1 \quad\quad 0.1 \quad\quad 0.1 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} [H^+]=n[HCl] \Rightarrow [H^+]=1\times 0.01 = 0.01(mole/L) \\ PH_2=-\log[H^+] \Rightarrow PH_2=-\log 0.01 \Rightarrow \boxed{PH_2=2} \end{array}}$$

$$\boxed{\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 2-7 = -5}$$

(2) علماً ان قيمة $PH_1=7$

$$M_1\times V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 1\not{0}\,(mole/L)\times 1\,\not{mL}\times \frac{1(L)}{100\not{0}\,(\not{mL})} = M_2\times 1(L)$$

$$M_2 = \frac{0.01(mole/L)(\not{L})}{1(\not{L})} = 0.01(mole/L)$$

$$\begin{pmatrix} NaOH \rightarrow OH^{-}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \\ 0.1 \quad\quad 0.1 \quad\quad 0.1 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} [OH^{-}] = n[NaOH] \Rightarrow \\ [OH^{-}] = 1 \times 0.01 = 0.01(mole/L) \end{array}}$$

$$POH = -\log[OH^{-}] \Rightarrow POH = -\log 0.01 \Rightarrow \boxed{POH = 2}$$

$$POH + PH = 14 \Rightarrow PH_2 = 14 - 2 = 12$$

$$\boxed{\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 12 - 7 = +5}$$

س(3-3) في المحاليل المائية للمواد التالية ، وهل يكون المحلول حامضياً أو قاعدياً أو متعادلاً ؟ولماذا

آ) NH_4Cl ب) Na_2SO_4 ج) CH_3COOK د) CaF_2 هـ) $MgSO_4$ و) KCl

(آ) ملح قاعدي لانه ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة
(ب) ملح متعادل لانه ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية
(ج)ملح قاعدي لانه ملح مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية
(د) ملح قاعدي لانه ملح مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية
(هـ) ملح متعادل لانه ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية
(و) ملح متعادل لانه ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية

س(4-3) ما عدد غرامات $CH_3COOH\ (M = 60g/mol)$ الواجب اضافتها الى 250mL من الماء المقطر ليصبح pH المحلول بعد الاضافة 2.7 علماً بأن PKa للحامض = 4.74 ج/ 3.3g

الاجابة /

$$P^{Ka} = 4.74 \Rightarrow Ka = 10^{-PKa} \Rightarrow PKa = 10^{-4.74} \Rightarrow K_a = \log^{-}[(5-4.74)+(-5)]$$

$$Ka = \log^{-} 0.26 + \log^{-}(-5) \Rightarrow Ka = 10^{0.26} \times 10^{-5} \Rightarrow K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$PH = 2.7 \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} [H^{+}] = \log^{-}[(3-2.7)+(-3)] \Rightarrow [H^{+}] = \log^{-} 0.3 + \log^{-}(-3) \\ [H^{+}] = 10^{0.3} \times 10^{-3} \Rightarrow [H^{+}] = 2 \times 10^{-3}(mole/L) \end{array}}$$

$$\begin{array}{ccc} CH_3COOH \rightleftharpoons & CH_3COO^{-}_{(aq)} + & H^{+}_{(aq)} \\ XM & 0 & 0 \end{array}$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^{-}][H^{+}]}{CH_3COOH} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{X}$$

$$X = \frac{4 \times 10^{-6}}{1.8 \times 10^{-5}} = 0.22(mole/L) = [CH_3COOH]$$

$$m(g) = M(mole/L) \times V \times M(g/mole)$$

$$m(g) = 0.22 \times \frac{25\not{0}}{10\not{0}\not{0}} \times 6\not{0} \Rightarrow m(g) = 0.22 \times 2.5 \times 6$$

$$m(g) = 0.22 \times 15 = 3.30(g)$$

س(3-5) اختر الجواب الصحيح :

1- ان عدد مليغرامات يودات الباريوم $(M = 487g/mol)$ $K_{SP} = 1.57\times10^{-9}$ التي يمكن ان تذوب في 150mL من الماء النقي آ) 34.4mg ب) 44.4mg ج) 53.4mg

الاجابة :- (1)

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2}{}_{(aq)} + 2IO_3^-(aq)$$
S S 2S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2 \Rightarrow 1.57\times10^{-9} = (S)(2S)^2 \Rightarrow 1.57\times10^{-9} = 4S^3$$

$$S^3 = \sqrt{1.57\times10^{-9}} \Rightarrow S = \sqrt[3]{1.57\times10^{-9}} = 0.732\times10^{-3}(mole/L)$$

نجد عدد مولات الملح :

$$n(mole) = M(mole/L)\times V(L) \Rightarrow n(mole) = 0.732(mole/\cancel{L})\times 0.15(\cancel{L})$$

$$n(mole) = 10.98\times10^{-5}(mole)$$

$$m(g) = n(mole)\times M(g/mole) \Rightarrow m(g) = 10.98\times10^{-5}(\cancel{mole})\times 487(g/\cancel{mole})$$

$$m(g) = 0.0534(g) \Rightarrow \boxed{m(mg) = 0.0534(\cancel{g})\times\frac{1000(mg)}{1(\cancel{g})} = 53.4(mg)}$$

الاختيار (ج)

2- التراكيز المولارية لأيونات Na^+ و SO_4^{2-} في محلول مائي من كبريتات الصوديوم تركيزه 0.4M هي:

(آ) $[SO_4^{2-}] = 0.4M$ و $[Na^+] = 0.4M$ (ب) $[SO_4^{2-}] = 0.4M$ و $[Na^+] = 0.2M$

(ج) $[SO_4^{2-}] = 0.4M$ و $[Na^+] = 0.8M$ الاجابة

الاختيار ج

$$\begin{pmatrix} Na_2SO_4 \rightarrow & 2Na^+ & +SO_4^{2-} \\ 0.4 & 0 & 0 \\ -0.4 & 2(0.4) & 0.4 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{matrix}[Na^+] = 0.8M \\ [SO_4^{2-}] = 0.4\end{matrix}}$$

3- قيم PH و POH لمحلول 0.05M هيدروكسيد الصوديوم هي : آ) $PH = 1.3$ و $POH = 12.7$

ب) $PH = 7.0$ و $POH = 7.0$ ج) $PH = 12.7$ و $POH = 1.3$ الاختيار(ج)

$$\begin{pmatrix} NaOH \rightleftharpoons & Na^+{}_{(aq)} & +OH^-{}_{(aq)} \\ 0.05 & 0 & 0 \\ -0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0 & 0.05 & 0.05 \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{matrix}[Na^+] = 0.05M \\ [OH^-] = 0.05M\end{matrix}}$$

$$\Rightarrow POH = -\log[OH^-] \Rightarrow POH = -\log 0.05 \Rightarrow POH = -\log 5\times10^{-2} POH = -\log 0.05$$

$$POH = 2 - 0.7 = 1.3 \Rightarrow POH + PH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 1.3 = 12.7$$

4- ان قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم المائية بتركيز 0.5M تساوي
(آ) 7.00 (ب) 9.22 (ج) 4.78

الاجابة / ملح حامضي (ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة)

الاختيار (ب)

$$\left[PH=\frac{1}{2}(PKW-PKa-\log C)\right]\Rightarrow PH=\frac{1}{2}(14-4.74-\log 0.5)$$

$$PH=\frac{1}{2}(9.26+0.3)\Rightarrow PH=\frac{9.56}{2}\Rightarrow PH=4.78\Rightarrow POH=14-PH$$

$$POH=14-4.78=9.22$$

س (3-6) ماقيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1M الى

1- 10ml من NaOH تركيزه 0.1M 2- 15ml من NaOH تركيزه 0.1M

3- 10ml من NH_3 تركيزه 0.1M 4- 15ml من NH_3 تركيزه 0.1M

الاجابة :- (1)

$$M_1\times V_1=M_2V_2\Rightarrow 10(mL)\times 0.1(mole/L)=M_2\times 20(mL)$$

$$M_2=\frac{10(\cancel{mL})(0.1(mole/L))}{20(\cancel{mL})}=0.05(mole/L)=[HCl]$$

$$M_1\times V_1=M_2V_2\Rightarrow 10(mL)\times 0.1(mole/L)=M_2\times 20(mL)$$

$$M_2=\frac{10(\cancel{mL})(0.1(mole/L))}{20(\cancel{mL})}=0.05(mole/L)=[NaOH]$$

$$\left[\begin{matrix} HCl\rightarrow & H^+_{(aq)} & +OH^-_{(aq)} \\ 0.05 & 0 & 0 \\ 0 & 0.05 & 0.05\end{matrix}\right]\Leftrightarrow\left[\begin{matrix} NaOH\rightarrow & Na^+_{(aq)} & +OH^-_{(aq)} \\ 0.05 & 0 & 0 \\ 0 & 0.05 & 0.05\end{matrix}\right]$$

$$[H^+]=[OH^-]=1\times 10^{-7}\Rightarrow$$

$$PH=-\log[H^+]\Rightarrow PH=-\log 1\times 10^{-7}\Rightarrow PH=7-\log 1=7-0=7$$

$$POH=-\log[OH^-]\Rightarrow POH=-\log 1\times 10^{-7}\Rightarrow POH=7-\log 1=7-0=7$$

الاجابة : -(2)

$$M_1V_1=M_2V_2\Rightarrow 0.1(mole/L)\times 10mL=M_2\times 25mL$$

$$M_2=\frac{0.1(mole/L)\times 10\,\cancel{mL}}{25\,\cancel{mL}}=0.04(mole/L)=[HCl]$$

$$M_1V_1=M_2V_2\Rightarrow 0.1(mole/L)\times 15mL=M_2\times 25mL$$

$$M_2=\frac{0.1(mole/L)\times 15\,\cancel{mL}}{25\,\cancel{mL}}=0.06(mole/L)=[NaOH]$$

$$\begin{pmatrix} HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \\ 0.04M \quad 0.0M \quad 0.04M \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} NaOH \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.06 \quad 0.06 \quad 0.06 \end{pmatrix}$$

$$[OH^-]>[H^+]\Rightarrow[OH^-]=[OH^-]-[H^+]$$

$$\boxed{[OH^-]=0.06-0.04=0.02}\Rightarrow POH=-\log[OH^-]$$

$$POH=-\log 2\times10^{-2}\Rightarrow POH=2-\log 2=2-0.3\Rightarrow \boxed{POH=1.7}$$

$$PH+POH=14\Rightarrow PH=14-1.7\Rightarrow PH=12.3$$

الاجابة:- (3)

$$(M_1V_1)_{NH_3}=M_2V_2\Rightarrow 0.1\times10mL=M_2\times20mL$$

$$M_2=\frac{0.1\times\cancel{10}\,\cancel{mL}}{\cancel{20}^{2}\,\cancel{mL}}=0.05(mole/L)=[NH_3]$$

$$HCl+NH_3\rightarrow NH_4Cl$$

0.05	0.05	0
−0.05	0.05	0.05
0	0	0.05

$$PH=\frac{1}{2}(PK_W-PK_b-\log C)\Rightarrow PH=\frac{1}{2}(14-4.74-\log 0.05)$$

$$PH=\frac{1}{2}(9.26+1.3)\Rightarrow PH=\frac{10.56}{2}=5.28$$

ملح حامضي

(4)نستخرج التركيز بعد الاضافة من قانون التخفيف

$$(M_1V_1)_{HCl}=M_2V_2\Rightarrow 0.1\times10mL=M_2\times25mL\Rightarrow M_2=\frac{0.1\times10\,\cancel{mL}}{25\,\cancel{mL}}$$

$$M_2=\frac{1}{25}=0.04(mole/L)=[HCl]\Rightarrow(M_1V_1)_{NH_3}=M_2V_2\Rightarrow$$

$$0.1\times10\,\cancel{mL}=M_2\times15\,\cancel{mL}\Rightarrow M_2=\frac{0.1\times10}{25}=\frac{1.5}{25}=0.06(mole/L)=[NH_3]$$

$$HCl+NH_3\rightarrow NH_4Cl$$

0.04	0.06	0
−0.04	0.04	0.04
0	0.02	0.04

محلول بفري

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]}{[Base]} \Rightarrow POH = 4.74 + \log\frac{0.04}{0.02} \Rightarrow POH = 4.74 + \log 4 - \log 2$$

$$\Rightarrow POH = 4.74 + 0.6 - 0.3 \Rightarrow POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 5.04 = 8.96$$

س(7-3) اكمل الفرغات في الجدول الاتي :-

محلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
حامض قوي 0.15M HI	0.15M	6.67×10^{-14}	0.82	13.18
حامض ضعيف 0.15M HF	0.955×10^{-2}	1.047×10^{-12}	PH = 2.019	POH = 11.98
قاعدة قوية 0.6 RbOH	0.166×10^{-12}	0.06 M	12.8	1.22
قاعدة قوية $Ca(OH)_2$ 0.5M	1×10^{-13}	0.1M	13	11
قاعدة ضعيفة NH_4OH 0.75M	2.7×10^{-12}	3.67×10^{-3}	11.57	2.43

ويمكن الاجابة بشكل كامل لفائدة الطالب جواب:- (1) HI

$$\begin{pmatrix} HI \rightarrow H^+_{(aq)} + I^-_{(aq)} \\ 0.15 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0.15 \quad 0.15 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \boxed{[H^+] = 0.15M \quad [OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{0.15} = 6.6\times10^{-14}M}$$

$$POH = -\log[OH^-] \Rightarrow \boxed{POH = -\log 6.6\times10^{-14} = 14 - 0.819 = 13.181}$$

$$PH = -\log[H^+] \Rightarrow \boxed{PH = -\log 0.15 = 0.82}$$

جواب:- (2) HF

$$\begin{pmatrix} HF \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + F^-_{(aq)} \\ 0.15 \quad 0 \quad 0 \\ 0.15 - X \quad X \quad X \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{K_a = \frac{[H^+][F^-]}{HF} \Rightarrow 6.5\times10^{-4} = \frac{X^2}{0.15\times X} \quad X^2 = 0.975\times10^{-4} - 6.5\times10^{-4}}$$

$$X^2 + 6.5\times10^{-4}X - 0.975\times10^{-4} = 0 \Rightarrow (a = 1, b = 6.5 + 10^{-4}, c = -0.975)$$

$$X=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}\Rightarrow$$

$$X=\frac{-6.5\times10^{-4}+\sqrt{(6.5\times10^{-4})^2-4\times1(-0.975\times10^{-4})}}{2\times1}$$

$$X=\frac{-6.5\times10^{-4}+\sqrt{(42.25\times10^{-8})+(3.9\times10^{-4})}}{2}$$

$$X=\frac{-6.5\times10^{-4}+\sqrt{(0.004225\times10^{-4})+(3.9\times10^{-4})}}{2}$$

$$X=\frac{-6.5\times10^{-4}+\sqrt{(0.004225\times3.9)\times10^{-4}}}{2}\Rightarrow X=\frac{-6.5\times10^{-4}+\sqrt{3.904225\times10^{-4}}}{2}$$

$$X=\frac{-6.5\times10^{-4}+1.975\times10^{-2}}{2}\Rightarrow X=\frac{-0.065\times10^{-4}+1.975\times10^{-2}}{2}$$

$$X=\frac{1.91\times10^{-2}}{2}=0.955\times10^{-2}M=[H^+]\Rightarrow[OH^-]=\frac{K_w}{[H^+]}$$

$$[OH^-]=\frac{1\times10^{-14}}{0.955}=1.04712\times10^{-12}(mole/L)$$

$$PH=-\log[H^+]\Rightarrow PH=-\log0.955\times10^{-2}\Rightarrow PH=2+0.019=2.019$$

$$POH=-\log[OH^-]\Rightarrow POH=-\log1.04712\times10^{-12}$$

$$POH=12-0.019=11.98\approx12$$

جواب:-(3) RbOH تركيزه 0.06M

$$\begin{pmatrix}RbOH\rightarrow Rb^{+1}_{(aq)}+OH^{-1}_{(aq)}\\ 0.06 \quad 0.06 \quad 0.06\end{pmatrix}\Rightarrow \boxed{[OH^-]=0.06M \quad [H^+]=\frac{1\times10^{-14}}{0.06}=0.166M}$$

جواب(4)قاعدة قوية $Ca(OH)_2$

$$\begin{pmatrix}Ca(OH)_2\rightarrow Ca^{+}_{(aq)}+OH^{-}_{(aq)}\\ 0.05M \quad 0.05M \quad 2(0.05)M\end{pmatrix}\Rightarrow[OH^-]=0.1M$$

$$[H^+]=\frac{K_w}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-14}}{0.1}=1\times10^{-13}M$$

$$POH=-\log[OH^-]\Rightarrow POH=-\log0.1\Rightarrow\boxed{POH=1}$$

$$PH=-\log[H^+]\Rightarrow PH=-\log1\times10^{-13}\Rightarrow\boxed{PH=13}$$

جواب (5) قاعدة ضعيفة NH_4OH

$$\begin{pmatrix} NH_4OH \rightleftharpoons NH_4{}^{+1}{}_{(aq)} & OH^-{}_{(aq)} \\ 0.75 \quad\quad 0 & 0 \\ 0.75-X \quad\quad X & X \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow K_b = \frac{[NH_4{}^+][OH^-]}{[NH_4OH]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{X^2}{0.75}$$

$$X^2 = 1.8\times10^{-5}\times0.75 \Rightarrow X^2 = 13.5\times10^{-6} \Rightarrow$$

$$X = \sqrt{13.5\times10^{-6}} = 3.67\times10^{-3} \Rightarrow [OH^-] = 3.67\times10^{-3}(mole/L)$$

$$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} \Rightarrow [H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{3.67\times10^{-3}} = 0.27\times10^{-11}M$$

$$[H^+] = 2.7\times10^{-12} \Rightarrow PH = -\log 2.7\times10^{-12} \Rightarrow PH = 12-0.43$$

$$\boxed{PH = 11.57} \Rightarrow POH + PH = 14 \Rightarrow POH = 14-11.57 = \boxed{2.43}$$

س(3-8) جد قيم كل من $POH, [OH^-], [H3O^+]$ اذا كانت $PH = 3.84$ ؟ اجابة:- (1)

$$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-3.84}$$

$$[H^+] = \log^{-1}[(4-3.84)+(-4)] \Rightarrow [H^+] = \log^{-1}0.16\times\log^{-1}(-4)$$

$$[H^+] = 10^{0.16}\times10^{-4} \Rightarrow [H^+] = 1.44\times10^{-4}(mole/L)$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{1.44\times10^{-4}} = 0.694\times10^{-10}(mole/L)$$

$$\boxed{[OH^-] \approx 0.7\times10^{-10}(mole/L)}$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14-3.84 \Rightarrow \boxed{POH = 10.16}$$

اجابة (2) $PH = 12.61$

$$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-12.61}$$

$$[H^+] = \log^{-1}[(13-12.61)+(-13)] \Rightarrow [H^+] = \log^{-}0.84\times\log^{-}(-13)$$

$$[H^+] = 10^{0.84}\times10^{-13} \Rightarrow \boxed{[H^+] = 2.45\times10^{-13}(mole/L)}$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} = \frac{1\times10^{-14}}{2.45\times10^{-13}} = 4\times10^{-2}(mole/L)$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14-12.61 \Rightarrow \boxed{POH = 1.39}$$

اجابة :- (3) $POH = 2.90$

$$[OH^-]=10^{-POH} \Rightarrow [OH^-]=10^{-2.9}$$
$$\Leftrightarrow [OH^-]=10 \Rightarrow [OH^-]=\log^-[(3-2.9)+(-3)]$$
$$\Rightarrow [OH^-]=\log^- 0.1\times\log^-(-3) \Rightarrow [OH^-]=1.26\times10^{-3}M$$
$$\Rightarrow PH=14-POH \Rightarrow PH=14-2.9=11.1$$
$$[H^+]=\frac{K_W}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-14}}{1.26\times10^{-3}}=0.794\times10^{-11}M$$

اجابة:- (4) $POH=9.47$

$$[OH^-]=10^{-POH} \Rightarrow [OH^-]=10^{-9.47}$$
$$[OH^-]=\log^-[(10-9.47)+(-10)]$$
$$[OH^-]=\log^- 0.53\times\log^-(-10) \Rightarrow \boxed{[OH^-]=10^{0.53}\times10^{-10} \quad [OH^-]=3.38\times10^{-10}}$$
$$PH=14-POH \Rightarrow PH=14-9.47=4.53$$
$$[H^+]=\frac{K_W}{[OH^-]}=\frac{1\times10^{-14}}{3.38\times10^{-10}}=0.295\times10^{-4}M \Rightarrow \boxed{[H^+]=2.95\times10^{-4}(mole/L)}$$

س(3-9) اولاً:-احسب الذوبانية المولارية و PK_{SP} للملح Ag_2S اذا علمت $K_{SP}=6\times10^{-50}$

ثانياً:- احسب الذوبانية الغرامية و K_{SP} للملح MgC_2O_4 اذا كانت $PK_{SP}=4.06$

ثالثاً:- احسب K_{SP} و PK_{SP} للملح Sb_2S_3 اذا كانت قيمة الذوبانية المولارية $1.35\times10^{-19}M$

رابعاً:- احسب K_{SP} و PK_{SP} للملح $ZnSO_4$ اذا علمت ان الذوبانية الغرامية $0.02(g/L)$

ج/ اولاً :-

$$\begin{pmatrix} Ag_2S \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + S^{-2}_{(aq)} \\ \quad 2SM \quad\quad SM \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{K_{SP}=[Ag^+]^2[S^{-2}] \quad 6.0\times10^{-50}=(2S)^2(S)^1}$$
$$6.0\times10^{-50}=4S^3 \Rightarrow S^3=\frac{6.0\times10^{-50}}{4}=15\times10^{-51}$$
$$\Rightarrow S=\sqrt[3]{15\times10^{-51}}=2.46\times10^{-17}M \Rightarrow PK_{SP}=-\log K_{SP}$$
$$\Rightarrow PK_{SP}=-\log 6\times10^{-50} \Rightarrow \boxed{PK_{SP}=50-0.778=49.222}$$

ج/ ثانياً:-

$$\left(\begin{matrix} MgC_2O_4 \rightleftharpoons Mg^{+2}{}_{(aq)} + C_2O_4{}^{-2}{}_{(aq)} \\ \quad S \qquad\qquad S \end{matrix}\right) \Rightarrow K_{SP} = \left[Mg^{+2}\right]\left[C_2O_4{}^{-2}\right]$$

$$K_{SP} = (S)^1(S)^1 \Rightarrow K_{SP} = S^2 \Rightarrow P^{PK_{SP}} = 4.06 \Rightarrow K_{SP} = 10^{-PK_{SP}}$$

$$K_{SP} = \log^{-}\left[(5-4.06)+(-5)\right] \Rightarrow K_{SP} = \log^{-}0.94 \times \log^{-}(-5)$$

$$\Rightarrow K_{SP} = 10^{0.94} \times 10^{-5} \Rightarrow K_{SP} = 8.7 \times 10^{-5}$$

بما ان $K_{SP} = S^2$ و قيمته $K_{SP} = 8.7 \times 10^{-5}$ نجد الذوبانية المولارية

$$K_{SP} = S^2 \Rightarrow S^2 = 8.7 \times 10^{-5} \Rightarrow S = \sqrt{0.87 \times 10^{-6}} = 0.9327 \times 10^{-3} M$$

$$S(g/L) = S(mole/L) \times M(g/mole)$$

$$S(g/L) = 0.9327 \times 10^{-3}(mole/L) \times 112(g/mole)$$

$$S(g/L) = 104.5 \times 10^{-3}(g/L) \Rightarrow S(g/L) = 0.1045 \approx 0.105(g/L)$$

ج/ ثالثاً :-

$$\left(\begin{matrix} Sb_2S_3 \rightleftharpoons 2Sb^{+3}{}_{(aq)} + 3S^{-2}{}_{(aq)} \\ \quad 2S \qquad\qquad 3S \end{matrix}\right) \Rightarrow K_{SP} = \left[Sb^{+3}\right]^2\left[S^{-2}\right]^3$$

$$K_{SP} = (2S)^2(3S)^3 \Rightarrow K_{SP} = \left(1.35 \times 10^{-19}\right)^2\left(1.35 \times 10^{-19}\right)^3$$

$$\Rightarrow K_{SP} = \left(1.8 \times 10^{-38}\right) \times \left(2.46 \times 10^{-57}\right)$$

$$K_{SP} = 4.428 \times 10^{-95} \Rightarrow K_{SP} = 0.4428 \times 10^{-94}$$

$$PK_{SP} = -\log K_{SP} \Rightarrow P^{K_{SP}} = -\log 0.4428 \times 10^{-94}$$

$$P^{K_{SP}} = 94 - 0.35 = 93.65$$

ج/ رابعاً

$$ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{+}{}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}{}_{(aq)}$$
$$\qquad\qquad S \qquad\qquad S$$

$$K_{SP} = \left[Zn^{+2}\right]\left[SO_4{}^{-2}\right] \Rightarrow K_{SP} = (S)^1(S)^1 \Rightarrow K_{SP} = S^2 ------(1)$$

$$S(mole/L) = \frac{m(g/L)}{M(g/mole) \times V(L)} \Rightarrow S(mole/L) = \frac{0.02}{161} = 0.12 \times 10^{-3} M$$

$$K_{SP} = S^2 \Rightarrow K_{SP} = \left(0.12 \times 10^{-3}\right)^2 \Rightarrow K_{SP} = 0.014 \times 10^{-6}$$

$$\boxed{K_{SP} = 1.4 \times 10^{-8}} \Rightarrow P^{K_{SP}} = -\log 1.4 \times 10^{-8}$$

$$P^{K_{SP}} = 8 - 0.1 = 7.9 \approx \boxed{P^{K_{SP}} = 8}$$

س(3-10) اذا علمت ان قيمة Ka لحامض البروبانويك C_2H_5COOH تساوي 1.3×10^{-5} ، ما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض في محلوله المائي ذو تركيز 0.65M ج/ 0.45%

$$\begin{pmatrix} C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ 0.65 \quad\quad 0 \quad\quad 0 \\ 0.65 - X \quad\quad +X \quad\quad +X \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow K_a = \frac{[C_2H_5COO^-][H^+]}{[C_2H_5COO^-]} \Rightarrow 1.3\times10^{-5} = \frac{X^2}{0.65}$$

$$X^2 = 1.3\times10^{-5}\times0.65 \Rightarrow X^2 = 0.845\times10^{-5}$$

$$X = \sqrt{8.45\times10^{-6}} = 2.9\times10^{-3}(mole/L) \Rightarrow \%C_2H_5COOH = \frac{[H^+]}{[C_2H_5COOH]}\times100\%$$

$$\%C_2H_5COOH = \frac{2.9\times10^{-3}}{0.65}\times100\% \Rightarrow \%C_2H_5COOH = \frac{0.29}{0.65} = 0.446\% \approx 0.45\%$$

س(3-11) ما تركيز الامونيا $[NH_3]$ في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع $[NH_4^+] = 0.01M$ و $[OH^-] = 1.2\times10^{-5}$ علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} ج/ 6.67×10^{-3}

الاجابة :- بما ان التراكيز المختلفة $[NH_4^+]$ و $[OH^-]$ تدل على وجود الايون المشترك (محلول بفر)

$$[OH^-] = K_b\times\frac{[base]}{[salt]} \Rightarrow 1.2\times10^{-5} = 1.8\times10^{-5}\times\frac{[base]}{0.01}$$

$$[base]1.8\times10^{-5} = 1.2\times10^{-5}\times0.01 \Rightarrow [base] = \frac{1.2\times10^{-5}\times0.01}{1.8\times10^{-5}}$$

$$[base] = \frac{12\times10^{-8}}{18\times10^{-6}} \Leftrightarrow [base] = 0.666\times10^{-2} \Rightarrow [base] = 6.67\times10^{-3}(mole/L) = [NH_3]$$

س(3-12) احسب كتلة ملح خلات الصوديوم $(M = 82g/mole)$ اللازم اضافتها الى لتر واحد من محلول 0.125M حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة PH له تساوي 4.74 (ملاحظة كافترض ان اضافة الملح لا تؤدي الى تغير الحجم) علماً ان ثابت تفكك حامض الخليك 1.8×10^{-5} ج/ 10.25g

الاجابة:

$$\begin{pmatrix} CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ 0.125 \\ CH_3COONa \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} \\ X \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$PH = K_a + \log\frac{[salt]}{0.125}$$

$$4.74 = -\log1.8\times10^{-5} + \log\frac{[salt]}{0.125}$$

$$\Rightarrow 4.74 = 5 - 0.26 + \log\frac{[salt]}{0.125}$$

$$4.74-4.74=\log\frac{[salt]}{0.125}\Rightarrow 0=\log\frac{[salt]}{0.125}\Rightarrow\frac{0}{\log}=\frac{\log}{\log}\times\frac{[salt]}{0.125}\Rightarrow$$

$$\log^{-1}(0)=\frac{[salt]}{0.125}\Rightarrow 10^{0}=\frac{[salt]}{0.125}\Rightarrow 1=\frac{[salt]}{0.125}\Rightarrow$$

$$[salt]=0.125(mole/L)\Rightarrow m(g)=M(mole/L)\times V(L)\times M(g/mole)$$

$$m(g)=0.125(mole/L)\times 1(L)\times 82(g/mole)\Rightarrow m(g)=10.25(g)$$

س(13-3) (آ) ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز (HNO_2) $K_a(HNO_2)=4.5\times10^{-4}$ بتركيز 0.12M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15M ؟

(ب) احسب قيمة PH المحلول الناتج بعد اضافة $1.0g$ من هيدروكسيد الصوديوم $(M=40g/mole)$ الى لتر واحد من محلول البفر ج/ 3.45 و 3.62

الاجابة :- حساب PH_1 قبل اضافة القاعدة (NaOH)

$$HNO_2 \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$$
0.12M

$$NaNO_2 \rightarrow Na^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$$
0.15M

$$\Rightarrow PH=PKa+\log\frac{[salt]}{[acid]}\Rightarrow PH=-\log 4.5\times10^{-4}+\log\frac{0.15}{0.12}$$

$$PH=4-\log 4.5+\log 1.25\Rightarrow PH=4-0.65+0.096$$

$$\Rightarrow PH=3.350+0.096=3.45$$

بعد اضافة القاعدة نجد تركيز القاعدة الجديد ثم نجد الاس الهيدروجيني PH_2

$$n(mole)=\frac{m(g)}{M(g/mole)}=\frac{1(g)}{40(g/mole)}=0.025(mole)$$

$$M=\frac{n(mole)}{V(L)}=\frac{0.025(mole)}{1L}=0.025(mole/L)$$

$$\begin{pmatrix} NaOH \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.025 \quad 0.025 \quad 0.025 \end{pmatrix}\Rightarrow [OH^-]=0.025M$$

نلاحظ زيادة الملح ونقصان الحامض الضعيف بعد اضافة القاعدة

$$[Salt]_2=[Salt]_1+[OH^-]\Rightarrow [Salt]_2=0.15+0.025=0.175M$$

$$[acid]_2=[acid]_1+[OH^-]\Rightarrow [acid]_2=0.12-0.025=0.095M$$

$$PH_2=PKa+\log\frac{[Salt]_2}{[acid]_2}\Rightarrow PH_2=3.35+\log\frac{0.175}{0.095}$$

$$PH_2=3.35+\log 1.84\Rightarrow PH_2=3.35+0.27=3.62$$

س(3-14) اذا كان هناك حاجة لتحضير محلول بفر من مزج NH_3 مع NH_4^+ كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$ ؟ علماً ان $PK_a = 4.74$ الاجابة:-

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 9 = 5$$

$$NH_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$

الايون المشترك (محلول بفري)

$$POH = PKb + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 5 = 4.74 + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$5 - 4.74 = \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 0.26 = \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$\log 1.82 = \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

بالقسمة على log

$$\frac{\log}{\log}1.82 = \frac{\log}{\log}\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = 1.82$$

س (3-15) ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علماً بان $K_{SP} = 1.6\times10^{-10}$ ما ذوبانيته بعد اضافة 1mL من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه

الاجابة :- قبل اضافة حامض الكبريتيك

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^+{}_{(aq)} + SO_4^-{}_{(aq)}$$

$$\quad S \qquad S$$

$$\Rightarrow K_{SP} = [Ba^{+2}][SO^-{}_4] \Rightarrow 1.6\times10^{-10} = (S)(S)$$

$$1.6\times10^{-10} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{1.6\times10^{-10}} \Rightarrow S = 1.26\times10^{-5}M$$

$S = 1.26\times10^{-5}M$ الذوبانية المولارية قبل الاضافة تساوي

الذوبانية بعد اضافة حامض الكبريتيك نحسب تركيز الحامض بعد الاضافة

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow 10(mole/L)\times\frac{1(L)}{1000} = M_2\times1L \Rightarrow M_2 = 0.01(mole/L)$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^+{}_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$
$$\qquad y \qquad y$$

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+{}_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)}$$
$$0.01 \qquad 2(0.01) \qquad 0.01$$

وجود الايون المشترك

$$\Rightarrow K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$\Rightarrow 1.6\times10^{-10} = (y)(y+0.01)$$

$$\Rightarrow 1.6\times10^{-10} = 0.01y$$

$$y=\frac{1.6\times10^{-10}}{0.01}=1.6\times10^{-8}\,(mole/L)$$

نلاحظ ان الذوبانية تقل بوجود الايون المشترك

س (3-16) احسب قيمة لمحاليل الاملاح التالية : (1) 0.1M سيانيد الصوديوم $NaCN$ (2) 0.25M نترات الامونيوم NH_4NO_3 (3) 0.5M نترات الصوديوم $NaNO_3$ علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} و $K_a(HCN)=4.9\times10^{-10}$ و $\log4.9=0.7$ و $\log0.25=-0.6$

$\log8.5=0.93$ و $\log1.26=0.1$

الاجابة :- (1)ملح قاعدي (ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف)

$$PH=\frac{1}{2}(PKW+PKa+\log C)\Rightarrow PH=\frac{1}{2}\left(-\log10^{-14}+\left(-\log4.9\times10^{-10}\right)+\log0.1\right)$$

$$PH=\frac{1}{2}(14+10-0.7-1)\Rightarrow PH=\frac{1}{2}(14+9.3-1)\Rightarrow PH=\frac{1}{2}(22.3)$$

$$PH=\frac{22.3}{2}=11.15\Rightarrow PH+POH=14\Rightarrow POH=14-PH$$

$$POH=14-11.15=2.85\approx2.9\Rightarrow\left[OH^-\right]=10^{-POH}\Rightarrow\left[OH^-\right]=10^{2.9}$$

$$\left[OH^-\right]=\log^-\left[(3-2.9)+(-3)\right]\Rightarrow\left[OH^-\right]=\log^-0.1\times\log^-(-3)$$

$$\left[OH^-\right]=10^{0.1}\times10^{-3}\Rightarrow\boxed{\left[OH^-\right]=1.26\times10^{-3}M}$$

(2) ملح حامضي (ملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي

$$PH=\frac{1}{2}(PKW-PKb-\log C)\Rightarrow PH=\frac{1}{2}\left[-\log10^{-14}-\left(-\log1.8\times10^{-5}\right)-\log0.25\right]$$

$$PH=\frac{1}{2}(14+5-\log1.8+0.6)\Rightarrow PH=\frac{1}{2}(14+(5-0.26)+0.6)\Rightarrow$$

$$\Rightarrow PH=\frac{1}{2}(9.26+0.6)\Rightarrow PH=\frac{1}{2}(14-4.74+0.6)\Rightarrow PH=\frac{9.86}{2}=4.93$$

$$PH+POH=14\Rightarrow POH=14-PH\Rightarrow POH=14-4.93=9.07$$

$$\left[OH^-\right]=10^{-POH}\Rightarrow\left[OH^-\right]=10^{-9.07}$$

$$\left[OH^-\right]=\log^-\left[(10-9.07)+(-10)\right]$$

$$\left[OH^-\right]=\log^-0.93\times\log^-(-10)\Rightarrow\left[OH^-\right]=10^{0.93}\times10^{-10}$$

$$\left[OH^-\right]=8.5\times10^{-10}$$

(3) ملح متعادل لان $PH=POH=7$ $\Leftarrow$ $\left[H^+\right]=\left[OH^-\right]=1\times10^{-7}$

س(3-17) يتأين حامض الخليك في محلوله المائي ذو التركيز 0.01M بمقدار 4.2% احسب ثابت تأين الحامض

الاجابة :-

$$\%(CH_3COOH)=\frac{\text{المتأين}}{\text{التركيز الاولي}}\times 100\%$$

$$4.2=\frac{X}{0.01}\times 100 \Rightarrow 100X=4.2\times 0.01 \Rightarrow X=\frac{4.2\times 10^{-2}}{100}=4.2\times 10^{-4}M$$

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$0.01M \qquad 4.2\times 10^{-4} \qquad 4.2\times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow K_a=\frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow K_a=\frac{(4.2\times 10^{-4})^2}{0.01}=\frac{17.64\times 10^{-8}}{0.01}=17.64\times 10^{-6}$$

س(3-18) احسب كتلة كلوريد الامونيوم $(M=53.5g/mol)$ الواجب اضافتها الى $500mL$ من محلول $0.15M$ امونيا لجعل قيمة PH المحلول تساوي 0.9 علماً ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} ج/ 7.22

الاجابة :- تكتب المعادلات من خلال وجود الايون المشترك تحل بقانون بفر

وجود الايون المشترك

$$NH_{3(g)}\ H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)}\ OH^-_{(aq)}$$

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$POH=PKb+\log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow 5=-\log 1.8\times 10^{-5}+\log\frac{X}{0.15}$$

$$5-0.26+\log\frac{X}{0.15} \Rightarrow 5-4.74=\log\frac{X}{0.15}$$

$$0.26=\log\frac{X}{0.15} \Rightarrow \log^{-}0.26=\frac{\log}{\log}\frac{X}{0.15} \Rightarrow$$

$$1.8=\frac{X}{0.15} \Rightarrow X=1.8\times 0.15$$

$$[salt]=0.27M$$

$$m(g)=M(mole/L)\times V(L)\times M(g/mole)$$

$$m(g)=0.27(mole/L)\times\frac{500}{1000}(L)\times 53.5(g/mole)$$

$$m(g)_{NH_4Cl}=0.27\times 0.5\times 53.5=7.22(g)$$

س(3-19) احسب الذوبانية المولارية mole/L والذوبانية بدلالة g/L لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 $(PK_{SP}=4.92, M=314g/mole)$ في آ) الماء النقي ، ب) محلول 0.15M كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 علماً ان $\sqrt{20}=4.47$ و $\sqrt[3]{3}=1.44$ و $\log 1.3=0.08$ الاجابة:-

$$K_{SP}=10^{-K_{Sp}} \Rightarrow K_{SP}=10^{-4.92}$$

$$K_{SP}=\log^{-}[(5-4.92)+(-5)] \Rightarrow K_{SP}=\log^{-}0.08\times\log^{-}(-5)$$

$$K_{SP}=10^{0.08}\times 10^{-5} \Rightarrow K_{SP}=1.2\times 10^{-5}$$

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)}\ SO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$2S \qquad S$$
$$\Leftrightarrow K_{SP}=\left[Ag^+\right]^2\left[SO_4{}^{-2}\right] \Rightarrow K_{SP}=(2S)^2(S) \Rightarrow K_{SP}=4S^3$$
$$1.2\times10^{-5}=4S^3 \Rightarrow S=\frac{1.2\times10^{-5}}{4}=3\times10^{-6}M$$
$$S=\sqrt[3]{3\times10^{-6}}=1.44\times10^{-2}$$
$$S(g/L)=M(mole/L)\times M(g/mole)$$
$$S(g/L)=1.44\times10^{-2}(mole/L)\times314(g/mole)=4.5216(g/L)$$

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + SO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$2y \qquad y$$
$$K_2SO_4 \rightarrow K^+_{(aq)} + SO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$0.15 \qquad 2(0.15) \qquad 0.15$$

ايون مشترك y تهمل

$$\Rightarrow \left[SO_4{}^{-2}\right]=y+0.15$$
$$K_{SP}=\left[Ag^+\right]^2\left[SO_4{}^{-2}\right]$$
$$12\times10^{-6}=(2y)^2(0.15)$$
$$12\times10^{-6}=4y^2\times0.15$$
$$0.60y^2=12\times10^{-6} \Rightarrow y^2=\frac{12\times10^{-6}}{0.60}=20\times10^{-6}$$
$$y=\sqrt{20\times10^{-6}}=4.47\times10^{-3}M$$
$$S(g/L)=M(mole/L)\times M(g/mole) \Rightarrow$$
$$(g/L)=4.47\times10^{-3}(mole/L)\times314(g/mole)$$
$$S(g/L)=1403.58\times10^{-3}(g/L) \approx S(g/L)=1.40358(g/L)$$

س(3-20) م عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M=332g/mole)$ التي يمكن ان تذوب في 100mL من الماء المقطر ؟ علماً بأن $K_{SP}=1.1\times10^{-12}$ ج/ $2.161\times10^{-3}g$ و $\sqrt{0.275}=0.65$

الاجابة:-

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CrO_4{}^{-2}_{(aq)}$$
$$2S \qquad S$$
$$\Rightarrow K_{SP}=\left[Ag^+\right]^2\left[CrO_4{}^{-2}\right] \Rightarrow 1.1\times10^{-12}=(2S)^2(S)^1 \Rightarrow 1.1\times10^{-12}=4S^3$$
$$S^3=\frac{1.1\times10^{-12}}{4}=0.275\times10^{-12} \Rightarrow S=\sqrt[3]{0.275\times10^{-12}}=0.65\times10^{-4}M$$

الذوبانية المولارية بعد الاضافة

$$m(g)=M(mole/L)\times V(L)\times M(g/mole)$$
$$m(g)=0.65\times10^{-4}(mole/L)\times\frac{100}{1000}(L)\times332(g/mole)$$
$$m(g)=0.65\times10^{-4}\times0.1\times332(g)$$
$$m(g)=0.65\times10^{-5}\times332(g)=21580\times10^{-7}\approx2.16\times10^{-3}(g)$$

س(3-21) م ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم $BaCl_2$

(الكتروليت قوي) يساوي $0.1M$ ؟ اذا علمت ان $K_{SP}(BaCrO_4)=1.2\times10^{-10}$ ، ج/ $1.2\times10^{-9}M$

الاجابة :-

$$\begin{pmatrix} BaCrO_4 \rightleftharpoons & Ba^{+2}_{(aq)} & +CrO_4^{-2}{}_{(aq)} \\ & yM & y \\ BaCl_2 \rightarrow & Ba^{+2}_{(aq)} & 2Cl^-_{(aq)} \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

نهمل y

$$[Ba^{+2}]=(0.1+y)$$

$$K_{SP}=[Ba^{+2}][CrO_4^{-2}] \Rightarrow$$

$$1.2\times10^{-10}=(0.1)\times y \Rightarrow y=\frac{1.2\times10^{-10}}{0.1}$$

$y=1.2\times10^{-9}M$ الذوبانية المولارية بوجود الايون المشترك

س(3-22) كم ستكون قيمة PH المحلول الناتج من مزج $20mL$ من $0.2M$ هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ مع $50mL$ من $0.1M$ حامض الخليك CH_3COOH علماً بأن $K_a(CH_3COOH)=1.8\times10^{-5}$ ج/ 5.34

الاجابة :- نستخرج الحجم بعد المزج V(mL)= 20+ 50=70(mL) ثم نجد تركيز كل من القاعدة القوية والحامض الضعيف وكما مبين ادناه :-

$$\left[(M_1V_1)_{NaOH}=(M_2V_2)\right] \Leftrightarrow 0.2\times20mL=M_2\times70mL$$

$$M_2=\frac{0.2\times20\,mL}{70\,mL}=\frac{4.0}{70}=0.057(mole/L)$$

$$\left[(M_1V_1)_{CH_3COOH}=(M_2V_2)\right] \Leftrightarrow 0.1\times50mL=M_2\times70mL$$

$$M_2=\frac{0.1\times50\,mL}{70\,mL}=\frac{0.5}{7}=0.071(mole/l)$$

تكتب المعادلة الواحدة وتثبت التراكيز تحت المواد المتفاعلة وتحل بطريقة محلول بفر لان المحلول حامض الخليك + ملحه

$$\begin{pmatrix} NaOH+CH_3COOH \rightarrow & CH_3COONa+ & H_2O \\ 0.057 \quad 0.071 & 0 & 0 \\ -0.057 \quad -0.057 & 0.057 & \\ 0 \quad 0.014 & 0.057=[CH_3COONa] & \end{pmatrix}$$

$$PH=PKa+\log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow PH=-\log1.8\times10^{-5}+\log\frac{0.057}{0.014}$$

$$PH=5-0.26+\log4.04 \Rightarrow PH=4.74+0.6=5.34$$

س(3-23) عند اضافة $25mL$ من $0.2M$ محلول هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ الى $50mL$ من $0.1M$ محلول حامض الخليك، ماذا ستكون قيمة الاس الهيدروجيني للمحلول الناتج علماً ان ثابت حامض الخليك $K_a(CH_3COOH)=1.8\times10^{-5}$ ج/ 8.78

نستخرج الحجم بعد المزج $VmL = 25mL + 50mL = 75mL$ ثم نجد تراكيز كل من القاعدة والحامض وكما مبين ادناه :

$$\left[\left(M_1V_1\right)NaOH = \left(M_2V_2\right)\right] \Leftrightarrow 0.2 \times 25mL = M_2 \times 75mL$$

$$M_2 = \frac{0.2 \times 25\,mL}{75\,mL} = \frac{5}{75} = 0.06\left(mole/L\right)$$

$$\left[\left(M_1V_1\right)_{CH_3COOH} = \left(M_2V_2\right)\right] \Leftrightarrow 0.1 \times 50mL = M_2 \times 75mL$$

$$M_2 = \frac{0.1 \times 50\,mL}{75\,mL} = \frac{5}{75} = 0.06\left(mole/L\right)$$

تكتب معادلة واحدة وتحل بطريقة الاملاح :-

$$NaOH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$$

NaOH	CH_3COOH	CH_3COONa
0.06	0.06	0
−0.06	−0.06	0.06
0	0	$0.06 = [CH_3COONa]$

$$PH = \frac{1}{2}\left(PKw + PKa + \log C\right)$$

$$P = \frac{1}{2}\left(-\log 10^{-14} + \left(-\log 1.8 \times 10^{-5}\right) + \log 0.06\right)$$

$$PH = \frac{1}{2}(14 + 5 - 0.26 - 1.22) \Leftrightarrow PH = \frac{1}{2}(14 + 4.74 - 1.22)$$

$$PH = \frac{1}{2}(14 + 3.52) \Rightarrow PH = \frac{1}{2}(17.52) \Rightarrow PH = \frac{17.52}{2} = 8.76$$

$PH = 8.76$

س(3-24) احسب قيمة PH للمحلول الناتج من مزج $26mL$ من 0.2M هيدروكسيد الصوديوم من 50mL من 0.1M حامض الهيدروكلوريك ج/ 11.42

الاجابة :- نجد الحجم بعد المزج $V(mL) = 26mL + 50mL = 76mL$ ثم نجد التركيز المولاري لكل من القاعدة القوية والحامض القوي وكما مبين ادناه :-

$$\left[\left(M_1V_1\right)_{NaOH} = \left(M_2V_2\right)\right] \Leftrightarrow 0.2 \times 26mL = M_2 \times 76mL$$

$$M_2 = \frac{0.2 \times 26\,mL}{76\,mL} = \frac{5.2}{76} = 0.068\left(mole/L\right)$$

$$\left[\left(M_1V_1\right)_{HCl} = \left(M_2V_2\right)\right] \Leftrightarrow 0.1 \times 50mL = M_2 \times 76mL$$

$$M_2 = \frac{0.1 \times 50\,mL}{76\,mL} = \frac{5}{76} = 0.065(mole/L)$$

نلاحظ ان التركيز المولاري للقاعدة اكبر من التركيز المولاري للحامض $[OH^-] > [H^+]$ اذن نجد التركيز الفائض للقاعدة بعد كتابة المعادلات وكل من الحامض والقاعدة

$$\begin{pmatrix} NaOH \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.068 \quad 0.068 \quad 0.068 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} HCl \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \\ 0.065 \quad 0.065 \quad 0.065 \end{pmatrix}$$

لان $[OH^-] > [H^+]$

$$[OH^-]_{الفائض} = [OH^-] - [H^+] \Rightarrow$$

$$[OH^-]_{الفائض} = 0.068 - 0.065 = 0.003M \Rightarrow\Rightarrow [OH^-] = 3\times10^{-3}M$$

$$\Rightarrow POH = -\log[OH^-] \Rightarrow POH = -\log 3\times10^{-3} \Rightarrow$$

$$POH = 3 - 0.47 = 2.53 \Rightarrow POH + PH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 2.53 = 11.47$$

س(3-25) كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم $(M = 56g/mole)$ اللازم اضافتها الى $200mL$ من الماء لتصبح قيمة PH المحلول الناتج تساوي 11 ؟ ج/ $0.0112g$ الاجابة:-

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - PH$$

$$POH = 14 - 11 = 3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-PH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3}$$

$$\begin{pmatrix} KOH \rightarrow K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 1\times10^{-3} \quad 1\times10^{-3} \quad 1\times10^{-3} \end{pmatrix}$$

$$m(g) = M(mole/L) \times V(L) \times M(g/mole)$$

$$m(g) = 1\times10^{-3}(mole/L) \times \frac{200}{1000}(L) \times 56(g/mole)$$

$$m(g) = 1\times10^{-3} \times 0.2 \times 56 = 1.12\times10^{-3}(g)$$

$$m(g) = 0.00112(g)$$

س(3-26) اذا علمت ان النسبة المئوية للتفكك $0.1M$ حامض الهيدروسيانيك HCN تساوي 0.01% كم ثابت تأين هذا الحامض ج/ 1×10^{-9} الاجابة :-

$$\begin{bmatrix} HCN \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \\ 0.1 \quad 0 \quad 0 \\ 0.1 - X \quad X \quad X \end{bmatrix} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \%HCN = \frac{[H^+]}{[HCN]} \times 100\% \Rightarrow 0.01 = \frac{X}{0.1} \times 100$$

$$\Rightarrow 100X = 0.001 \Rightarrow X = \frac{0.001}{100} = 1\times10^{-5}M$$

$$Ka = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]} \Rightarrow Ka = \frac{(1\times10^{-5})(1\times10^{-5})}{0.1} \Rightarrow Ka = \frac{1\times10^{-10}}{0.1} = 1\times10^{-9}$$

س(27-3) احسب الذوبانية المولارية S (التركيز المولاري للأيونات الناتجة من تفكك الملح عند حالة الاتزان) والذوبانية بدلالة (g/L)لهيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ $(M=99.4g/mole)$ اذا علمت ان $K_{SP}(Zn(OH)_2)=1.2\times10^{-17}$ ج/ $1.43\times10^{-6}M$ ، $1.42\times10^{-4}(g/L)$ الاجابة:-

$$\left[\begin{array}{l} Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2}{}_{(aq)} + 2OH^-{}_{(aq)} \\ Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2}{}_{(aq)} + 2OH^-{}_{(aq)} \\ \qquad\qquad S \qquad\qquad 2S \end{array}\right] \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}\Rightarrow K_{SP}=[Zn^{+2}][OH^-] \\ 1.2\times10^{-17}=(S)(2S)^2 \Rightarrow 1.2\times10^{-17}=4S^3\end{array}}$$

$$S^3=\frac{1.2\times10^{-17}}{4}=3\times10^{-18}M \Rightarrow S=\sqrt[3]{3\times10^{-18}} \Rightarrow S=1.44\times10^{-6}(mole/L)$$

$$S(g/L)=S(mole/L)\times M(g/mole)\Rightarrow$$

$$S(g/L)=1.44\times10^{-6}(mole/L)\times99.4(g/mole)$$

$$S(g/L)=143.136\times10^{-6}(g/L)\approx S(g/L)=1.43136\times10^{-4}(g/L)$$

س(28-3) احسب PH لمحلول نتج من تخفيف $1mL$ من $13.6M$ حامض الهيدروكلوريك الى لتر بالماء
ج/ 1.866 الاجابة :- نحسب التركيز للحامض بعد التخفيف

$$M_1\times V_1=M_2\times V_2 \Rightarrow 13.6(mole/L)\times1(mL)\times\frac{1L}{1000\,mL}=M_2\times1L$$

$$13.6(mole/L)\times0.001(L)=M_2\times1(L)$$

$$M_2=\frac{13.6(mole/L)\times0.001(L)}{1(L)}=0.0136(mole/L)$$

$$\left(\begin{array}{ccc} HCl & \rightarrow H^+{}_{(aq)} + & Cl^-{}_{(aq)} \\ 0.0136 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0136 & 0.0136 \end{array}\right) \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}[H^+]=n\times[HCl] \\ [H^+]=1\times0.0136 \\ [H^+]=0.0136(mole/L)\end{array}}$$

$$PH=-\log[H^+] \Rightarrow PH=-\log 0.0136$$

$$PH=-\log 136\times10^{-4} \Rightarrow PH=4-\log 136$$

$$PH=4-2.133539=1.866$$

س(29-3) ان تركيز أيون الكالسيوم $(M=40g/mole)$ في بلازما الدم يساوي $0.1g/L$ فاذا كان تركيز أيون الاوكزالات فيه يساوي 1×10^{-7} هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 $K_{SP}=8.64$

الاجابة :- نحول تركيز ايون الكالسيوم من عدد غرامات الى التركيز المولاري :-

$$[Ca^{+2}]=\frac{m(g/L)}{M(g/mole)}=\frac{0.1(g/L)}{40(g/mole)}=0.0025(mole/L)$$

$$K_{SP} = 10^{-PK_{SP}} \Rightarrow K_{SP} = 10^{-8.64}$$

$$K_{SP} = \log^{-}\left[(9-8.64)+(-9)\right] \Rightarrow K_{SP} = \log^{-} 0.36 \times \log^{-}(-9)$$

$$K_{SP} = 10^{0.36} \times 10^{-9} \Rightarrow \boxed{K_{SP} = 2.3\times 10^{-9}}$$

$$\left[\begin{array}{l} CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2}{}_{(aq)} + C_2O_4{}^{-2}{}_{(aq)} \\ \qquad\qquad 0.0025 \qquad 1\times 10^{-7} \end{array}\right] \Leftrightarrow \boxed{\begin{array}{l} Q_{SP} = [Ca^{+2}][C_2O_4{}^{-2}] \Rightarrow \\ Q_{SP} = (0.0025)\times(1\times 10^{-7}) \end{array}}$$

$$Q_{SP} = 25\times 10^{-11}$$

بما ان الحاصل الايوني يساوي 2.5×10^{-10} وثابت حاصل الاذابة يساوي 2.3×10^{-9}
اذن حاصل الاذابة اقل من ثابت حاصل الاذابة اذن لا يحصل الترسيب ($K_{SP} > Q_{SP}$)

الاسئلة الخارجية الخاصة بهذا الفصل

س1 (2008) $(POH = 9)$ لمحلول NH_4Cl من اذابة $0.2mole$ في $100mL$ من الماء احسب PH بعد اضافة $0.1mole$ من الامونيا الى لتر منه علماً ان $\log 2 = 0.3$

الاجابة :- نحول عدد المولات الى التركيز المولاري :-

اذن الملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي

$$M_{NH_4Cl} = \frac{n(mole)}{V(L)} = 0.02(mole)\times\frac{1\not{0}\not{0}}{10\not{0}\not{0}} = 0.2(mole/L)$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - POH \Rightarrow PH = 14 - 9 = 5$$

$$PH = \frac{1}{2}(PKw - PKb - \log c) \Rightarrow 5 = \frac{1}{2}(14 - PKb - \log 0.2)$$

$$5 = \frac{1}{2}(14 - PKb - \log 2\times 10^{-1}) \Rightarrow 5 = \frac{1}{2}(14 - PKb + 1 - \log 2)$$

$$5 = \frac{1}{2}(14 - PKb + 1 - 0.3) \Rightarrow 5 = \frac{1}{2}(14 - PKb + 0.7)$$

$$5 = \frac{1}{2}(14.7 - PKb) \Rightarrow 10 = 14.7 - PKb \Rightarrow PKb = 14.7 - 10 = 4.7$$

$$\left(\begin{array}{l} NH_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons NH_4{}^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)} \\ NH_4Cl \rightarrow NH_4{}^{+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)} \end{array}\right)$$

$$POH = PKb + \log\frac{[salt]}{[Base]} \Rightarrow POH = 4.7 + \log\frac{\not{0}.2}{\not{0}.1}$$

$$POH = 4.7 + \log 2 - \log 1 \Rightarrow POH = 4.7 + 0.3 - 0 = 5$$

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 5 = 9$$

ملاحظات هامة :- اولاً :- عند اضافة قاعدة قوية الى قاعدة ضعيفة + ملحها فان ΔPH مقدار موجب

وعند اضافة حامض قوي الى قاعدة ضعيفة + ملحها فان ΔPH مقدار سالب

ثانياً:- عند اضافة قاعدة قوية الى محلول يتكون من حامض ضعيف + ملحه فان مقدار ΔPH سالب

عند اضافة حامض قوي الى محلول يتكون من حامض ضعيف + ملحه فان مقدار ΔPH موجب

س2 / لعام(2000) اضيفه 0.1mole من NaOH الى لتر محلول يحتوي على حامض وملحه لهما نفس التراكيز فأن مقدار التغير $\Delta PH = 0.47$ ما عدد مولات الحامض الضعيف علماً ان $\log 3 = 0.47$

الاجابة : :- نفرض ان الحامض الضعيف HX وملحه MX قبل الاضافة

$$\begin{pmatrix} HX \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + X^-_{(aq)} \\ X \qquad\qquad X \\ MX \rightarrow M^+_{(aq)} + X^-_{(aq)} \\ X \qquad\qquad X \end{pmatrix} \Rightarrow PH_1 = PK_a + \log\frac{[salt]}{[HX]} \Rightarrow PH_1 = PK_a + \log\frac{X}{X}$$

$$PH_1 = PK_a + \log 1 \Rightarrow PH_1 = PK_a + 0$$

$$\Rightarrow \boxed{PH_1 = PK_a} \rightarrow (1)$$

الايون المشترك

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow 0.47 = PH_2 - PK_a \Rightarrow \boxed{PH_2 = 0.47 + PK_a} \rightarrow (2)$$

$$\begin{pmatrix} HX \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + X^-_{(aq)} \\ MX \rightarrow M^+_{(aq)} + X^-_{(aq)} \\ NaOH \rightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.1 \qquad 0.1 \qquad 0.1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} [HX]_2 = [HX]_1 - [OH^-] \\ [HX]_2 = X - 0.1 \\ [MX]_2 = X + 0.1 \end{matrix}$$

الحامض يقل والملح يزداد

وتعويض قيمة PH_2 في المعادلة(2) تصبح بالشكل التالي

$$PH_2 = PKa + \log\frac{[MX]_2}{[HX]_2} \Rightarrow 0.47 + PKa = PKa + \log\frac{X+0.1}{X-0.1}$$

$$0.47 = \log\frac{X+0.1}{X-0.1} \Rightarrow \log^{-1}0.47 = \frac{\log}{\log}\frac{X+0.1}{X-0.1} \Rightarrow 3 = \frac{X+0.1}{X-0.1}$$

$$X + 0.1 = 3X - 0.3 \Rightarrow 0.1 + 0.3 = 3X - X$$

$$0.4 = 2X \Rightarrow X = \frac{0.4}{2} = 0.2(mole/L) \Rightarrow n_{HX}(mole) = M \times V$$

$$n_{HX}(mole) = 0.2(mole/L) \times 1(L) \Rightarrow n_{HX}(mole) = 0.2mole$$

س(3)اضيف 0.03mole من HCl الى لترمن محلول الامونيا بتركيز 0.06M احسب ΔPH للمحلول الناتج من اضافة 1mL من KOH بتركيز 10mole / L علماً ان $(K_b = 2\times10^{-5}, \log 2 = 0.3, \log 4 = 0.6)$

الاجابة:- تكتب المعادلة الواحدة (وزاري)

$$\begin{pmatrix} NH_{3(g)} & + HCl \rightarrow & NH_4Cl \\ 0.06 & 0.03 & 0 \\ -0.03 & -0.03 & 0.03 \\ 0.03 & 0 & 0.03 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$POH = PKb + \log\frac{[salt]}{[Base]}$$

$$POH = -\log 1.8\times10^{-5} + \log\frac{0.03}{0.03}$$

$$POH = 5 - 0.26 + \log 1$$

$$POH_1 = 4.74 + 0 = 4.74 \Leftrightarrow \begin{cases} PH_1 + POH_1 = 14 \\ PH_1 = 14 - 4.74 = 9.26 \end{cases}$$

نجد تركيز القاعدة

KOHة ب عدا ضافة

$$[base]_2 = \frac{[base]\times V(L)}{V(L)} = \frac{10(mole/L)\times 1\,mL \times \frac{1(L)}{1000\,mL}}{1(L)}$$

$$[base]_2 = 10(mole/L)\times 0.001 = 0.01(mole/L) = [OH^-]$$

$$\begin{pmatrix} NH_{3(g)} + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} \\ NH_4Cl \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \\ KOH \rightarrow K^+ + OH^-{}_{(aq)} \\ 0.01 \quad 0.01 \quad 0.01 \end{pmatrix}$$

تكتب المعادلات نلاحظ زيادة في القاعدة ونقصان في الملح

$$[NH_3]_2 = [NH_3]_1 + [OH^-] \Rightarrow [NH_3]_2 = 0.03 + 0.01 = 0.04 mole/L$$

$$[NH_4Cl]_2 = [NH_4Cl]_1 - [OH^-] \Rightarrow [NH_4Cl]_2 = 0.03 - 0.01 = 0.02M$$

$$POH_2 = PK_b + \log\frac{[[NH_4Cl]_2]}{[NH_3]_2} \Rightarrow POH_2 = 4.7 + \log\frac{0.02}{0.04}$$

$$POH_2 = 4.74 + \log 2 - \log 4 \Rightarrow POH_2 = 4.74 + 0.3 - 0.6$$

$$POH_2 = 4.74 - 0.30 = 4.44 \Rightarrow PH_2 = 14 - POH_2$$

$$PH_2 = 14 - 4.44 = 9.56 \Rightarrow \Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 9.56 - 9.26 = 0.3$$

س(4) لعام2007 لتر من محلول $0.1M$ لحامض الخليك درجة التأين له0.01 اضيف اليه كمية من مولات خلات الصوديوم فأصبحت $PH = 5.3$ احسب PH المحلول الناتج بعد اضافة $0.05mole$ من KOH اليه علماً $\log 5 = 0.7, \log 2 = 0.3$ الاجابة:-من درجة التأين نحصل على الجزء المتفكك من حامض الخليك وكما مبين :

$$\text{درجة التأين الحامض} = \frac{[H^+]}{[acid]} \Rightarrow 0.01 = \frac{[H^+]}{0.1} \Rightarrow [H^+] = 0.001M$$

$$\begin{pmatrix} CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ 0.1 \quad 0 \quad 0 \\ 0.1-0.001 \quad 0.001 \quad +\ 0.001 \end{pmatrix} \Leftrightarrow Ka = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \quad Ka = \frac{(0.001)^2}{0.1} = 10^{-5}$$

$$\begin{pmatrix} CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ CH_3COONa \to CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} \end{pmatrix} \Rightarrow PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$5.3 = -\log 10^{-5} + \log\frac{[salt]}{0.1} \Rightarrow 5.3 = 5 + \log\frac{[salt]}{0.1} \Rightarrow 5.3 - 5 = \log\frac{[salt]}{0.1}$$

$$0.3 = \log\frac{[salt]}{0.1} \Rightarrow \log^{-} 0.3 = \frac{\log}{\log}\ \frac{[salt]}{0.1}$$

$$\Leftrightarrow 2 = \frac{[salt]}{0.1} \Rightarrow [salt] = 0.2M$$

تركيز الملح

$$\begin{pmatrix} CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} \\ CH_3COONa \to CH_3COO^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} KOH \to K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.05M \quad 0.05M \quad 0.05M \end{matrix}$$

$$[salt]_2 = [salt]_1 + [OH^-] \Rightarrow [salt]_2 = 0.2 + 0.05 = 0.25M$$

$$[acid]_2 = [acid]_1 - [OH^-] \Rightarrow [acid]_2 = 0.1 - 0.05 = 0.05M$$

$$PH_2 = PK_a + \log\frac{[salt]_2}{[acid]_2} \Rightarrow PH_2 = 5 + \log\frac{0.25}{0.05}$$

$$PH_2 = 5 + \log 5 \Rightarrow PH_2 = 5 + 0.7 = 5.7$$

س(5) ان قيمة$(PH = 11)$ لمحلول $0.1M$ من الامونيا كم يصبح PH عندما يصبح تركيزها $0.001M$

الاجابة:-

$$PH = 11 \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-11} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{10^{-11}} = 1\times10^{-3}M$$

$$\begin{pmatrix} NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \\ 0.1-0.001 \quad 0.001 \quad 0.001 \end{pmatrix} \Rightarrow Kb = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$Kb = \frac{(10^{-3})^2}{(0.1 - 0.001)} \Rightarrow K_b = \frac{10^{-6}}{0.1} = 10^{-5}$$

يهمل 0.001

$$\begin{pmatrix} NH_3 + H_2O \rightleftharpoons & NH_4^{+}(aq) + & OH^{-}(aq) \\ 0.001M & 0 & 0 \\ 0.001-X & X & X \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{K_b = \frac{[NH_4^{+}][OH^{-}]}{[NH_3]}}$$

$$10^{-5} = \frac{X^2}{0.001-X} \quad \boxed{\text{يهمل } 0.001} \quad X^2 = 10^{-5}\times10^{-3} = 10^{-8} \Rightarrow X = \sqrt{10^{-8}}$$

$$[OH^{-}] = 10^{-4}M \Rightarrow POH = -\log[OH^{-}] \Rightarrow POH = -\log 10^{-4}$$

$$\boxed{POH = 4} \Rightarrow PH + POH = 14 \Rightarrow \boxed{PH = 14-4 = 10}$$

س(6)ما عدد مولات NH_4Cl المذابة في $0.5L$ من الماء المقطر لكي تصبح فيه $PH = 5$

علماً ان $K_b(NH_3) = 10^{-5}$ الاجابة:- الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة لان PH اقل من

$$PH = \frac{1}{2}(PKw - PKb - \log c) \Rightarrow 5 = \frac{1}{2}(14 - 5 - \log c)$$

$$10 = (9 - \log c) \Rightarrow 10 - 9 = -\log c \Rightarrow 1 = -\log c \Rightarrow \log^{-}(-1)$$

$$= -(-\frac{\log}{\log}c) \Rightarrow c = \log^{-}(-1) \Rightarrow C = 10^{-1} \Rightarrow [salt] = 0.1M$$

$$\Rightarrow M_{(NH_4Cl)} = \frac{n(mole)}{V(L)} \Rightarrow 0.1 = \frac{n(mole)}{0.5}$$

$$n(mole) = 0.1 \times 0.5 = 0.05(mole)$$

س(7) ما هو ادنى $[S^{-2}]$ اللازم لترسيب NiS في محلول $Ni(NO_3)_2$ تركيزه $10^{-3}M$

قابلية الذوبان لمحلوله المائي المشبع $1\times10^{-12}M$ الاجابة :

$$\begin{pmatrix} NiS \rightleftharpoons Ni^{+2}(aq) & S^{-2}(aq) \\ 1\times10^{-12} & 1\times10^{-12} \end{pmatrix} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} K_{SP} = [Ni^{+2}][S^{-2}] \\ K_{SP} = (1\times10^{-12})(1\times10^{-12}) \Rightarrow K_{SP} = 1\times10^{-24} \end{array}}$$

$$\begin{pmatrix} NiS \rightleftharpoons & Ni^{+2}(aq) & + \; S^{-2}(aq) \\ & 10^{-3}M & y \\ Ni(NO_3)_2 \rightarrow & Ni^{+2}(aq) & +2NO_3^{-}(aq) \\ y & y & y \end{pmatrix} \Rightarrow [Ni^{+2}] = (y + 10^{-3})$$

بوجود الايون المشترك ثم نهمل 10^{-3}

$$K_{SP} = [Ni^{+2}][S^{-2}] \Rightarrow 10^{-24} = (y)(y) \Rightarrow y^2 = 10^{-24} \Rightarrow y = \sqrt{10^{-24}} = 10^{-12}M$$

ادنى $\left[S^{-2}\right]$ يكون اعلى بقليل من $10^{-24}M$

س 8 (وزارية لعام 2016) احسب قيمة الأس الهيدروجيني PH (آ) للتر من المحلول بفر مكون من الامونيا وكلوريد الامونيوم وتركيز كلاهما 0.1M (ب) لنفس محلول البفر اضافة 2mL من NaOH تركيزها 5M ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة PH علماً ان $\log 11 = 1.04, \log 3 = 0.477, \log 1.8 = 0.26$

الاجابة :- اولاً : نجد PH قبل الاضافة $K_b = 1.8\times10^{-5}$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)}$$
0.1M
$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^{+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)}$$
0.1M الأيون

$$\Rightarrow POH_1 = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH_1 = -\log 1.8\times10^{-5} + \log\frac{0.1}{0.1}$$

$$POH_1 = -\log 1.8\times10^{-5} + \log 1 \Rightarrow POH_1 = 5 - \log 1.8 + 0$$

$$POH_1 = 5 - 0.26 \Rightarrow \boxed{POH_1 = 4.74} \Rightarrow PH_1 + POH_1 = 14$$

$$PH_1 = 14 - POH_1 \Rightarrow PH_1 = 14 - 4.74 \Rightarrow PH_1 = 9.26$$

ثانياً: - نجد تركيز القاعدة المضافة NaOH من قانون التخفيف

$$(M_1V_1)_{NaOH} = (M_2V_2)_{NaOH} \Rightarrow 5M\times\frac{2}{1000} = M_2\times1(L)$$

$$M_2 = \frac{5M\times0.002(L)}{1(L)} = 0.01(mole/L) = \left[OH^-\right]$$

نلاحظ ان القاعدة تزداد والملح يقل

$$[NH_3]_2 = [NH_3]_1 + [OH^-] \Rightarrow [NH_3]_2 = 0.1 + 0.01 = 0.11(mole/L)$$

$$[NH_4Cl]_2 = [NH_4Cl]_1 - [OH^-] \Rightarrow [NH_4Cl]_2 = 0.1 - 0.01 = 0.09(mole/L)$$

$$POH_2 = PK_b + \log\frac{[NH_4Cl]_2}{[NH_3]_2} \Rightarrow POH = 4.74 + \log\frac{0.09}{0.11}$$

$$POH_2 = 4.74 + \log 9 - \log 11 \Rightarrow POH_2 = 4.74 + \log 3^2 - 1.04$$

$$POH_2 = 4.74 + 2\log 3 - 1.04 \Rightarrow POH_2 = 4.74 + 2(0.477) - 1.04$$

$$POH_2 = 4.74 + (0.954 - 1.04) \Rightarrow POH_2 = 4.74 - 0.086 \Rightarrow \boxed{POH_2 = 4.654}$$

$$PH_2 = 14 - POH_2 \Rightarrow \boxed{PH_2 = 14 - 4.654 = 9.346}$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 9.35 - 9.26 \Rightarrow \Delta PH = 0.09 \approx 0.1$$

الفصل الرابع 4

تفاعلات التأكسد والاختزال والكيمياء الكهربائية

Redox Reactions and Electrochemistry

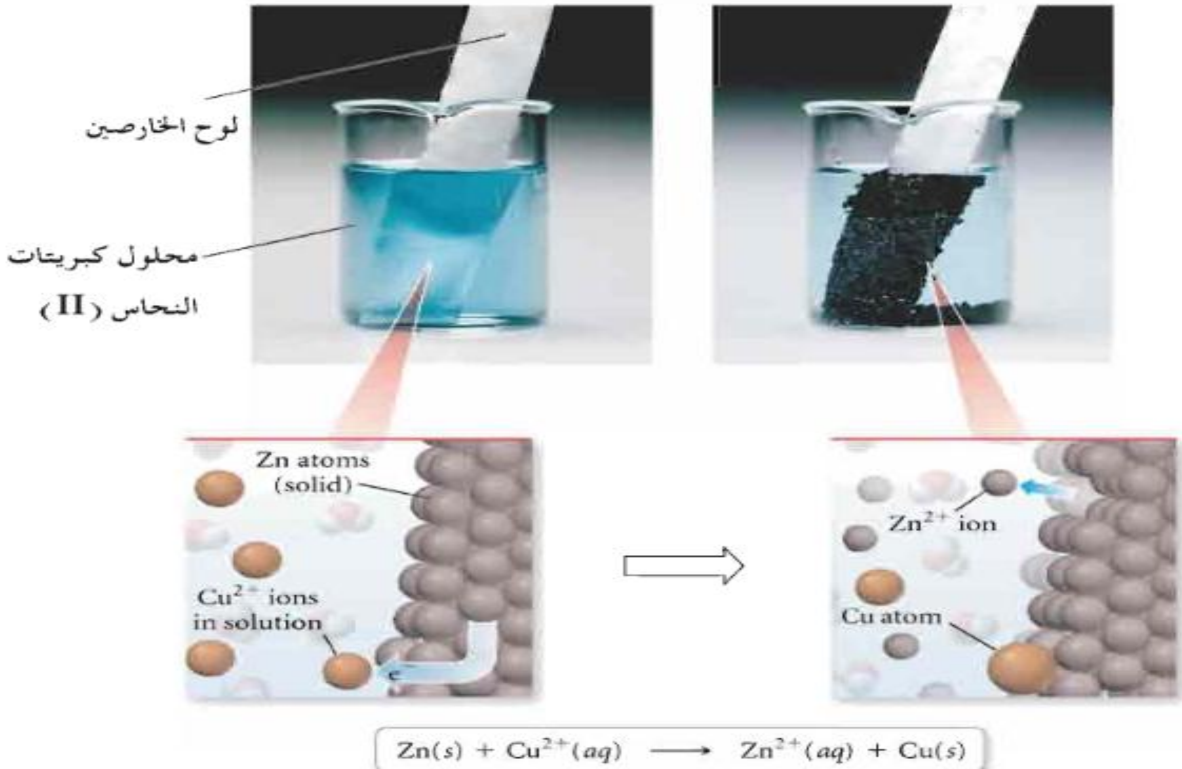


الكيمياء للصف السادس العلمي الفصل الرابع الكهربائية

تعاريف- تعاليل – فروقات – قوانين حلول بعض الأمثلة والتمرينات واسئلة الكتاب

اعداد الأستاذ رحيم عبد جواد الأعاجيبي(اعدادية الرميثة للبنين)

رقم الهاتف 07804010634



الكيمياء الكهربائية :- هي فرع من فروع علم الكيمياء ويختص بدراسة التحولات بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية وهنالك تفاعلات هي :

(آ) تفاعلات مولدة للطاقة الكهربائية وفيها تتحول الطاقة الكيميائية الى الطاقة الكهربائية مثل بطارية السيارة والبطارية الجافة

(ب) تفاعلات مستهلكة للطاقة الكهربائية فيها تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية مثل خلايا الطلاء الكهربائي

عمليات الكهروكيميائية :- هي تفاعلات تأكسد واختزال ويتم فيها انبعاث طاقة نتيجة التفاعل التلقائي وتتحول الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية لانجاز التفاعل الغير تلقائي

اعداد التأكسد:- هي عدد الالكترونات السالبة والموجبة والصفر وتكتب فوق الذرة أو المجموعة المشتركة بالصيغة الكيميائية

س/ كيف يمكن معرفة أعداد التأكسد ؟

اولاً:- اذا كان المركب لا توجد علية اي شحنة (مركب متعادل)

(مجموع أعداد التأكسد للذرات المشتركة بالمركب = صفر) كما في بعض الأمثلة الاتية :

$$(NaCl, KCl, CaBr_2)$$

$$NaCl \Rightarrow Na = +1, Cl = -1 \Rightarrow NaCl = +1 - 1 = 0$$

$$KCl \Rightarrow K = +1, Cl = -1 \Rightarrow KC = +1 - 1 = 0$$

$$CaBr_2 \Rightarrow Ca = +2, Br = -1 \Rightarrow CaBr_2 = +2 + 2(-1) = 0$$

ثانياً:- اذا كان المركب توجد علية شحنة (ايون) (مجموع أعداد التأكسد للذرات الايون = شحنة الايون) كما في الامثلة الاتية :

$$H_2PO_4^{-2} \Rightarrow H = +1, P = ? O = -2$$

$$(1) + P + 4(-2) = -2 \Rightarrow 1 + P - 8 = -2$$

$$P - 7 = -2 \Rightarrow P = -2 + 7 \Rightarrow \boxed{P = 5}$$

ثالثاً:- عدد تأكسد الهيدروجين (+1) ما عدا الهيدريدات(-1) مثل H_2O عدد تأكسد الهيدروجين يساوي (+1) بينما NaH يكون عدد تأكسد الهيدروجين يساوي(-1)

رابعاً:- عدد تأكسد للأوكسجين(-2) ما عدا البيروكسيدات (-1) عدد تأكسد للأوكسجين للماء يساوي(-2) وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 عدد تأكسد للأوكسجين يساوي (-1)

خامساً :- اعداد تأكسد الزمرة الاولى هو (+1) = Li,Na,K,Rb اعداد تأكسد الزمرة الثانية هو (+2) = Be,Mg,Ca,Sr و اعداد تأكسد الزمرة الثالثة هو (+3) = B,Al,Ga,In

اعداد تأكسد الزمرة السابعة (الهالوجينات)هو (-1)= F,Cl,Br,I

تمرين (1-4) احسب عدد تأكسد العناصر المشار اليها باللون الاحمر في المركبات والايونات الاتية :

$$MnO_4^{-1}, K_2Cr_2O_7, NaIO_3, H_2SO_4, H_2CO_3, HPO_4^{-2}$$ **الاجابة:-**

$$MnO_4^{-1} \Rightarrow Mn + 4(-2) = -1 \Rightarrow Mn - 8 = -1$$

$$Mn = -1 + 8 \Rightarrow \boxed{Mn = +7}$$

$$K_2Cr_2O_7 \Rightarrow 2(+1) + 2Cr + 7(-2) = 0$$

$$2 + 2Cr - 14 = 0 \Rightarrow 2Cr = +12 \Rightarrow Cr = \frac{12}{2} \Rightarrow \boxed{Cr = 6}$$

$$NaIO_3 \Rightarrow 1+I+3(-2)=0 \Rightarrow I-5=0 \Rightarrow \boxed{I=+5}$$

$$H_2SO_4 \Rightarrow 2(1)+S+4(-2)=0 \Rightarrow 2+S-8=0$$

$$S-6=0 \Rightarrow \boxed{S=+6}$$

$$H_2CO_3 \Rightarrow 2(1)+C+3(-2)=0 \Rightarrow C-4=0 \Rightarrow \boxed{C=+4}$$

$$HPO_4^{-2} \Rightarrow 1+P+4(-2)=-2 \Rightarrow P-7=-2 \Rightarrow P=-2+7$$

$$\boxed{P=+5}$$

تفاعلات التأكسد والاختزال/هي عمليتان متلازمتان ونوع مهماً من التفاعلات الكيميائية تتضمن انتقال الالكترونات من ذرة الى اخرى مثل الطاقة الناتجة من احتراق الوقود والتيار الكهربائي الذي نحصل عليه من البطاريات وصدأ الحديد

التأكسد (Oxidation) :- عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان في الالكترونات من ذرة او مجموعة من الذرات ويؤدي لزيادة في اعداد التأكسد

يتحول فيها عدد التأكسد من الاقل الى الاكبر اي هي عملية يصاحبها فقدان بعدد الالكترونات في النواتج وتحدث عند القطب الانود الموجب $(Eanode)$ $Na^0 \to Na^+ + e^-$ وتعتبر عامل مختزل يجب تساوي عدد الالكترونات عند الانود والكاثود ثم يتم حذفها من تفاعلات التأكسد والاختزال بعد جمع التفاعلات

الاختزال (Reduction) عبارة عن تغير كيميائي تكتسب فيه الذرة او مجموعة من الذرات الكترونات يصاحبها نقصان في عدد التأكسد للعنصر

يتحول فيها عدد التأكسد من الاكبر الى الاقل وتعاني اختزال وتحدث عند قطب الكاثود $Ecathod$

مثل $Cl_2^0 + 2e^- \to 2Cl^{-1}$

س/ لا يمكن ان تحدث عملية التأكسد دون عملية اختزال؟ ج/ لان المادة التي تتأكسد تقابلها مادة تختزل

س/ كيف نحصل على التفاعل العام لعملية التأكسد والاختزال؟ ج/ من جمع معادلتي التأكسد والاختزال بعد حذف عدد الالكترونات المفقودة (تأكسد)والمكتسبة (اختزال)

$$\left(2Na^0 \to 2Na^{+1} + \cancel{2e^-}\right)E_{anode}$$

$$\left(Cl_2^0 + \cancel{2e^-} \to 2Cl^{-1}\right)E_{Cathode}$$

$$2Na + Cl_2 \to 2Na^{+1} + 2Cl^{-1} E^0_{cell}$$

س/ كيف يمكن معرفة التفاعل تأكسد ام اختزال؟

ج/ من معرفة التغيرات بأعداد التأكسد واذا لم يحدث تغير بأعداد التأكسد لا يمثل تفاعل تأكسد واختزال مثال على ذلك

$$P^{+5}Cl_5^{-1} + 4H_2^{+1}O^{-2} \to H_3^{+1}P^{+5}O_4^{-2} + 5H^{+1}Cl^{-1}$$

لا يعتبر تفاعل تأكسد واختزال لعدم حدوث تغير في اعداد التأكسد



يعتبر تفاعل تأكسد واختزال حدوث تغير في اعداد التأكسد

تمرين (2-4) حدد الذرات التي تعاني تأكسداً وتلك التي تعاني اختزالاً في التفاعلات التالية مع كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu ----(1)$$

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2 --(2)$$

ج(1) :- ان Zn يتحول عدد تأكسده من الصفر الى+2 وهذا يمثل تفاعل تأكسد لان زيادة بأعداد التأكسد بينما النحاس يمثل تفاعل اختزال لان هنالك نقصان بأعداد التأكسد اي يتحول من +2 الى صفر وكما مبين

$(1)Zn^0 \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ تفاعل تأكسد (أنود)

$(2)Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ تفاعل اختزال (كاثود)

ج/ (2) تحول $\left(Mg^0 \rightarrow Mg^{+2}\right)$ تعاني تأكسد لزيادة عدد التأكسد

وتحول $\left(H^{+1} \rightarrow H_2{}^0\right)$ تعاني اختزال لنقصان عدد التأكسد

$Mg^0 \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ تفاعل تأكسد (انود)

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2{}^0$ تفاعل اختزال (كاثود)

$$Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{+2} + H_2$$

س/ قارن بين الانود والكاثود ؟

ت	الانود	الكاثود
1	يمثل نصف الخلية	يمثل نصف الخلية الاخر
2	تحصل عنده عملية الاكسدة	تحصل عنده عملية الاختزال
3	يستهلك دائماً أي يذوب (نقصان بالكتلة)	يزداد سمكه دائماً أي يترسب (زيادة بالكتلة)
4	يعتبر مصدراً للتيار الكهربائي	يعتبر مستهلكاً للتيار الكهربائي
5	جهد تأكسده عالي أي زيادة بأعداد التأكسد وانخفاض في تركيزه	جهد تأكسده قليل أي نقصان بأعداد التأكسد ارتفاع في تركيزه

العامل المختزل / هو المادة التي تتأكسد وتسبب اختزالاً لمادة أخرى ويفقد الالكترونات ويزداد عدد تأكسده خلال تفاعل التأكسد والاختزال كما في تفاعل عنصر النحاس مع حامض النتريك المركز يمثل العامل المختزل والذي يتأكسد بسبب فقدان الذرة الواحدة منه الكترونين ويزداد عدد تأكسده ($Cu^0 + 4HN^{+5}O_3 \rightarrow Cu^{+2}(NO_3)_2 + 2N^{+4}O_2 + 2H_2O$)

العامل المؤكسد/ هو المادة التي لها القدرة على اكسدة مادة أخرى اي المادة التي تختزل وتسبب تأكسد لمادة أخرى ويكتسب الالكترونات ويقل عدد تأكسده خلال تفاعل التأكسد والاختزال وفي المثال اعلاه يعد حامض النتريك هو العامل المؤكسد لان عدد تأكسد النتروجين N يتغير من +5 الى +4 بسبب اكتساب N الكتروناً واحداً

تمرين (4-3) حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الاتية :

$$2C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} \quad (1)$$

$$Mg_{(S)} + Cl_{2(g)} \rightarrow MgCl_{2(s)} \quad (2)$$

$$Mg_{(S)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Fe_{(S)} \quad (3)$$

ج:- اولاً :- تحول $\left(C^0_{(s)} \rightarrow C^{2+}\right)$ يمثل عامل مختزل و تحول $\left(O_2^0 \rightarrow O^{2-}\right)$ يمثل عامل مؤكسد

ثانياً:- تحول $\left(Mg^0_{(S)} \rightarrow Mg^{2+}\right)$ يمثل عامل مختزل وتحول $\left(Cl^0_{2(g)} \rightarrow Cl_2^{-1}\right)$ يمثل عامل مؤكسد

ثالثاً:- تحول $\left(Mg^0_{(S)} \rightarrow Mg^{2+}\right)$ يمثل عامل مختزل وتحول $\left(Fe^{+2}_{(aq)} \rightarrow Fe_{(s)}\right)$ يمثل عامل مؤكسد

الخلايا الكهروكيميائية / وهي الخلايا التي تتكون عادة من قطبين احدهما القطب الموجب او الانود والذي تجري عنده عملية التأكسد ويكون مصدراً للالكترونات اما الاخر فهو القطب السالب والكاثود والذي تجري عنده عملية الاختزال والذي تتحول الية الالكترونات المنقولة من القطب الانود وتقسم الى قسمين :-

(1) الخلايا الكلفانية او الفولتائية (2) الخلايا الالكتروليتية مثل خلية التحليل الكهربائي(الطلاء الكهربائي)

الخلايا الكلفانية / هي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية من خلال تفاعل كيميائي يجري تلقائياً لتوليد تيار كهربائي مثل خلايا البطاريات (النضائد)

س / وضح تفاعلات التأكسد والاختزال في الخلية الكلفانية(خلية دانيال) ؟ وما دور(اهمية) الجسر الملحي في الخلية ؟

ج/ تفاعل التأكسد $Zn_{(S)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \text{anode}$ يذوب الخارصين ويقل تركيزه

تفاعل الاختزال $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)} \text{Cathode}$ يترسب النحاس ويزداد تركيزه

تفاعل العام للخلية $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

اما دور الجسر يقوم بنقل الايونات بين قطبي الخلية وايصال الدائرة الكهربائية وحفظ التوازن الأيوني للأقطاب والالكترونات تنتقل عن طريق السلك الكهربائي والأيونات تنتقل عن طريق الجسر الملحي

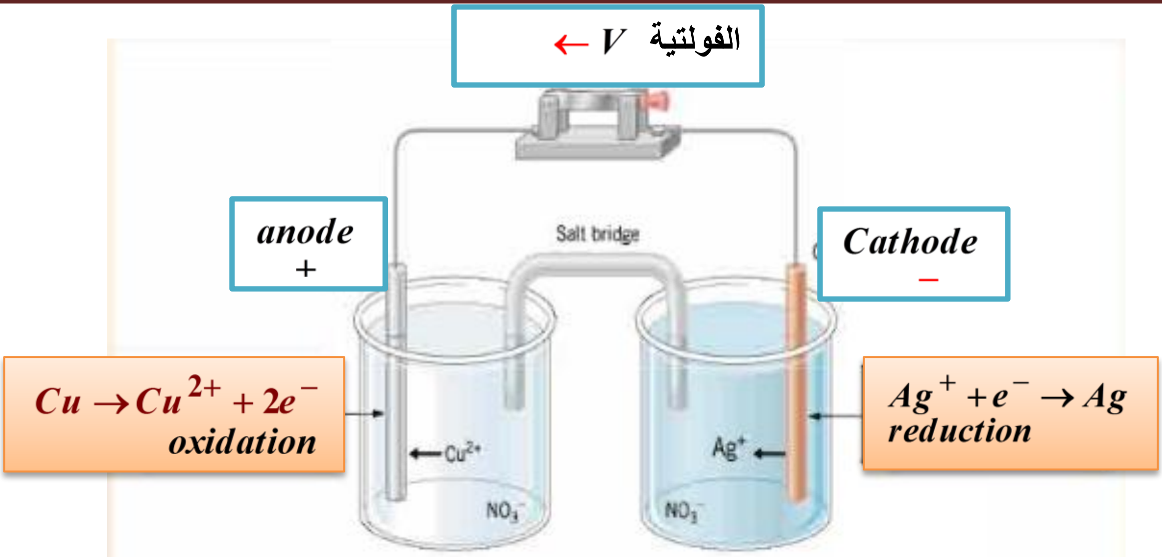
س /عرف الجسر الملحي واذكر اهميته ؟

الجسر الملحي يعرف على انه انبوبة زجاجية على شكل حرف U بالمقلوب وتحتوي محلول الكتروليتي خامل مثل (KNO_3 , K_2SO_4, KCl)وله اهمية يقوم بنقل الايونات بين قطبي الخلية وايصال الدائرة الكهربائية وحفظ التوازن الأيوني للأقطاب ويمثل الدائرة الداخلية

مادة الاكار / مادة صمغية يحصل عليها من الطبيعة ولها استعمالات عديدة وتعتبر مادة صلبة وتصبح سائلة عند تسخينها وتثبت داخل الجسر الملحي

مثال (4-4) اذا علمت ان التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية في الخلية الكلفانية كما موضحة في الشكل ادناه:

$Cu_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$ (آ) اكتب تفاعلات نصفي الخلية (ب) وضح اتجاه سريان الالكترونات عبر السلك الخارجي واتجاه حركة الايونات عبر الجسر الملحي بمحلول KNO_3



الاجابة :- (آ) نصف تفاعل التأكسد / الانود(anode) $Cu_{(s)} \to Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال/ الكاثود(Cathode) $2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \to 2Ag_{(s)}$

(ب) تنتقل الالكترونات عبر السلك منطلقة من الانود (قطب النحاس) باتجاه الكاثود (قطب الفضة)
بينما تتحرك الايونات الموجبة K^+ عبر الجسر الملحي باتجاه القطب السالب الكاثود
والايونات السالبة (NO_3^-) باتجاه القطب الموجب الانود

جهد الخلية الكلفانية:- هي الخلية التي يسري التيار من الانود الى الكاثود(تعليل) بسبب الفرق بين الجهد الكهربائي للقطبين ويدعى بجهد الخلية ويرمز له E_{Cell} ويدعى بمصطلح شائع اخر القوة الدافعة الكهربائية ويرمز لها emf بالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة ويقاس جهد الخلية بمقياس الجهد او الفولتميتر (Voltmeter)

س / جهد الخلية الكلفانية علامة يعتمد؟
ج/ (1) طبيعة الاقطاب او الايونات (2) تراكيز الايونات ودرجة الحرارة التي تعمل عندها الخلية

س / عرف جهد القطب وجهد الخلية ؟
جهد القطب / بأنه فرق الجهد الحاصل بين لوح العنصر ومحلول أيوناته ويقسم الى :-
(آ) جهد التأكسد E_{oxi} هو مقدار ميل المادة نحو فقدان الالكترونات
(ب) جهد الاختزال E_{red} هو مقدار ميل المادة نحو اكتساب الالكترونات

جهد الخلية / بأنه اكبر قيمة لفرق الجهد الكهربائي بين القطبين في الخلية الكلفانية ويرمز لجهد الخلية بالرمز E_{Cell} حيث Cell تعني الخلية فهو مقياس للقوة الدافعة للتفاعل الحاصل في الخلية ويعتمد على قطب التأكسد (الانود) وقطب الاختزال (الكاثود)

س / ما هو قانون جهد الخلية(كيف يشتق) ؟
(1) $E_{Cell} = E_{OX} + E_{red}$ حيث يرمز لجهد التأكسد بدلاً من E_{OXi} بالرمز E_{anode} يرمز لجهد الاختزال بدلاً من E_{red} بالرمز $E_{cathode}$ وتصبح بالشكل التالي :

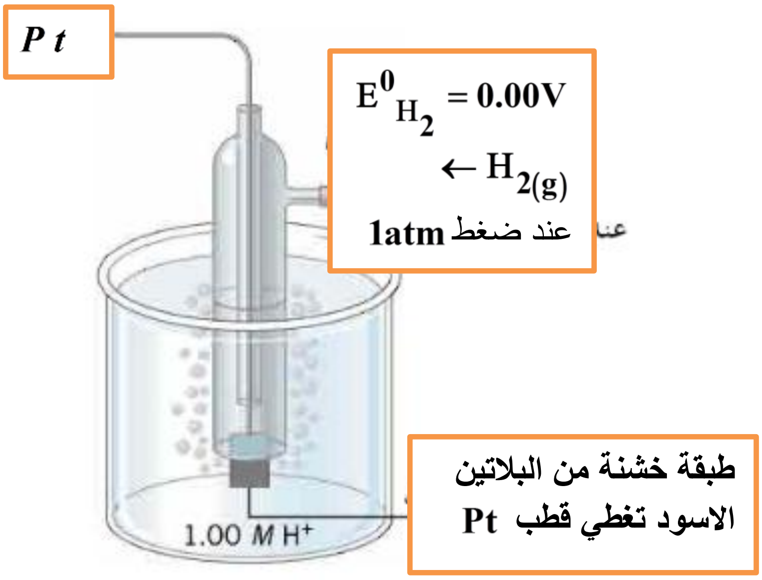
(2) $E_{Cell} = E_{anode} + E_{cathode}$ عند قياس جهد الخلية بالظروف الغير قياسية

(3) $E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$ عند قياس جهد الخلية بالظروف قياسية ($25C^0$ وضغط $1atm$)

ملاحظة يتحرر غاز الهيدروجين عند الكاثود اي يتحول من الايون الموجب $2H^+_{(aq)} + 2e^- \to H_{2(g)} \uparrow$

تحرر الغازات الاخرى عند الانود اي يتحول من الايون السالب الى الغازات مثل :
$(Cl_2, Br_2, I_2, F_2, O_2, N_2)$ مثال $2O^- \rightarrow O_{2(g)} + 2e^-$

س / كيف يتم قياس جهد القطب لوحده ؟
ج / لانه لا يمكن عمل خلية من قطب واحد وقياس جهدها ولذا لابد من وجود قطب مرجع ومن اهمها قطب الهيدروجين القياسي(SHE) يمكن قياس جهود الاختزال الاخرى
س / وضح ممن يتكون قطب الهيدروجين القياسي مع الرسم ؟
ج/ يتكون من انبوبة زجاجية يضغط فيها غاز الهيدروجين عند الظروف القياسية($1M, 1atm, 25C^0$)
في محلول يحتوي على ايونات H^+ مثل HCl وبتركيز 1M وتحتوي الانبوبة في اسفلها على قطب البلاتين مغطى بطبقة خشنة من البلاتين الاسود ومتصلة بسلك من (Pt) كما في الشكل التالي :



س/ علل لماذا تم اختيار قطب الهيدروجين القياسي SHEكقطب مرجع وذو جهد معلوم القيمة يساوي صفر؟
ج / لانه عنصر نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر فيمكن استخدامه كقطب انود او كاثود
ويمكن حساب جهد اختزال العناصر الاخرى من خلاله يصبح جهد العنصر = جهد الخلية القياسي
س / يستخدم عنصر البلاتين لصنع قطب الهيدروجين القياسيSHE ؟
ج / لانه مادة خاملة لا تعاني تأكسد واختزالاً تحت الظروف التي يستخدم بها ويقوم بمهمتين :-
(1)توفر سطح للقطب يمكن تفكك جزيئات الهيدروجين علية
(2)توفر وسيلة لحدوث توصيل كهربائي مع الدائرة الخارجية

س / متى يصبح جهد الخلية القياسي يساوي الجهد القياسي لقطب العنصر القياسي ؟
ج/ عندما يكون احد اقطابها قطب الهيدروجين القياسي (SHE) لان $E^0_{H^+} = 0.00V$ كما مبين في المثال

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode} = 0.00V$$

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = ?(V)$$

$$2H^+_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow H_{2(g)} + Zn^{2+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = 0.763V$$

$$E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode} \Rightarrow E^0_{Cell} = E^0_{anode} + 0.0V \Rightarrow E^0_{Cell} = E^0_{anode}$$

تمرين (4-4) للخلية الموضحة في الشكل ادناه المكونة من قطب الهيدروجين كأنود وقطب النحاس ككاثود احسب الجهد القياسي لقطب النحاس ، اذا علمت ان جهد الخلية القياسي الذي تم قراءته في مقياس الجهد يساوي $+0.337V$

الاجابة:-

$$H_{2(g)} \rightarrow 2H^{+}_{(aq)} + \cancel{2e} \quad E^{0}_{H_2} = 0.0(V)$$

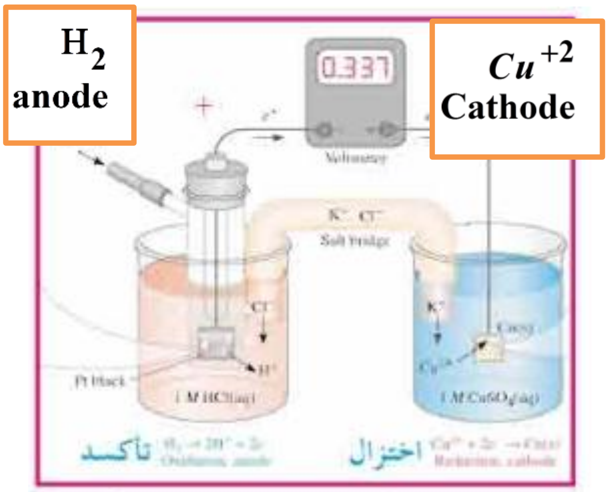
$$Cu^{2+}_{(aq)} + \cancel{2e} \rightarrow Cu_{(s)} \downarrow \quad E^{0}_{Cathode} = ?$$

$$H_{2(g)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2H^{+}_{(aq)} + Cu_{(s)} \downarrow \quad E^{0}_{Cell}$$

$$E^{0}_{Cell} = E^{0}_{H_2} + E^{0}_{Cathode}$$

$$0.337 = 0 + E^{0}_{Cathode}$$

$$E^{0}_{Cu} = +0.337V$$



قطب النحاس (الكاثود) قطب الهيدروجين (الآنود)

س / كيف يتم حساب جهد الخلية القياسي يجب مراعاة النقاط الاتية :-

1- يتم اختيار قطب الانود الذي يمتلك اقل جهد اختزال قياسي وقلب الاشارة بينما يتم اختيار قطب الكاثود للعنصر الذي يمتلك اعلى جهد اختزال وبقاء الاشارة كما هي

2 – يجب ان يكون عدد الالكترونات المفقودة عند الانود (عملية التأكسد) مساوية لعدد الالكترونات عند الكاثود (عملية الاختزال) في حالة عدم التساوي فيجب اخذ المضاعف المشترك الأصغر لاعداد الالكترونات ثم يضرب طرفي معادلات الاقطاب بعدد معين وبقاء جهد الخلية القياسي ثابت لا يتغير ويتم حذفها من تفاعلات التأكسد والاختزال ثم جمعهما نحصل على التفاعل العام للخلية

3- تفاعلات نصفي الخلية هي تفاعلات انعكاسية (في حالة اتزان)

4-لاستخراج جهد الخلية القياسي E^{0}_{Cell} تكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الاقطاب وتكتب امامها جهودها القياسية باستخدام العلاقة بعد تغير اشارة قطب الانود $E^{0}_{Cell} = E^{0}_{anode} + E^{0}_{cathode}$

او باستخدام العلاقة اذا تم اخذ جهود الاختزال مباشرة دون تغير اشارة الانود

$$E^{0}_{Cell} = E^{0}_{anode} - E^{0}_{cathode}$$

5- اذا كان قيمة جهد الخلية القياسي موجبة $E^{0}_{Cell} = +$ تكون تفاعلات اقطابها تلقائية اما اذا كانت قيمة $E^{0}_{Cell} = -$ فتكون تفاعلات الاقطاب غير تلقائية

س / علل بقاء قيمة جهد الخلية القياسي ثابتة دون تغير عند ضربي طرفي معادلات نصفي الخلية بعدد مناسب لغرض تساوي عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة ؟او لماذا لا تضاعف جهد القطب عند مضاعفة موازنة تفاعل القطب ؟

ج / لان جهد الخلية القياسي من الخواص المركزة التي لا تعتمد على كمية المادة وانما تعتمد على التراكيز المولارية لأيونات المحلول قطبي الخلية

ملاحظات هامة :-

1- اذا كان المادة A يذوب B تكون المادة B هي انود

2- اذا كان المادة A يرسب B تكون المادة B هي كاثود

3-- اذا كان المادة A يحرر H_2 يكون الغاز H_2 كاثود

4- اذا كان المادة A يحرر O_2 يكون الغاز O_2 انود

5-حفظ المادة A في اناء مصنوع من المادة B تكون المادة B انود اذن الاناء يمثل قطب الانود دائماً

6- تحديد قطب نوع الخلية من الرسم اولاً ثم المعادلة ثانياً وبعدها جهد اختزال العنصر الاقل انود والاكبر كاثود

تمرين (4-5) احسب E^0_{Cell} تم عملها من قطب الكادميوم Cdالمغمور في محلول 1M من نترات الكادميوم وقطب الكروم Cr المغمور في(1M) من نترات الكروم اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{(Cd^{2+}/Cd)} = -0.40V , E^0_{(Cr^{3+}/Cr)} = -0.74V$ الاجابة:-

$$\begin{pmatrix} (1)2\left(Cr_{(s)} \to Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^-\right)E^0_{anode} = +0.74V \\ (2)3\left(Cd^{2+}_{(aq)} + 2e \to Cd_{(s)}\right)E^0_{Cathode} = -0.40V \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$2Cr_{(s)} \to 2Cr^{3+}_{(aq)} + \cancel{6e}\ E^0_{anode} = +0.74V$$

$$3Cd^{2+}_{(aq)} + \cancel{6e} \to 3Cd_{(s)}E^0_{Cathode} = -0.40V$$

$$2Cr_{(s)} + 3Cd^{2+}_{(aq)} \to 2Cr^{3+}_{(aq)} + 3Cd_{(s)}E^0_{Cell} = +0.34V$$

اذن التفاعل تلقائي

تمرين (4-6) هل يمكن حدوث كل من تفاعلات التأكسد والاختزال الممثلة بالمعادلات التالية تحت الظروف القياسية بشكل تلقائي ، اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{(Fe^{2+}/Fe)} = -0.44V , E^0_{(Au^{3+}/Au)} = +1.50V \quad E^0_{Co^{2+}/Co} = -0.28V , E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25V$

الاجابة :-

$$Ni_{(s)} \to Ni^{2+}_{(aq)} + \cancel{2e}\ E^0_{anode} = +0.25(V)$$

$$Co^{2+}_{(aq)} + \cancel{2e} \to Co_{(s)}E^0_{cathode} = -0.28(V)$$

$$Ni_{(s)} + Co^{2+}_{(aq)} \to Ni^{2+}_{(aq)} + Co_{(s)}E^0_{Cell} = -0.03(V)$$

تضرب× 3

تضرب× 2

$$3\left(Fe_{(s)} \to Fe^{2+}_{(aq)} + 2e\right)E^0_{anode} = 0.44(V)$$

$$2\left(Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \to Au_{(s)}\right)E^0_{cathode} = +1.50(V)$$

$$3Fe_{(s)} \to 3Fe^{2+}_{(aq)} + \cancel{6e}\ E^0_{anode} = 0.44(V)$$

$$2Au^{3+}_{(aq)} + \cancel{6e} \to 2Au_{(s)}E^0_{cathode} = +1.50(V)$$

$$3Fe_{(s)} + 2Au^{3+}_{(aq)} \to 3Fe^{2+}_{(aq)} + 2Au_{(s)}E^0_{Cell} = +1.94(V)$$

التفاعل غير تلقائي

س / ما هي انواع الاقطاب الخلية الكلفانية او الفولتائية ؟

1- قطب الفلز/ ايون الفلز 2- القطب الغازي 3 – أقطاب التأكسد والاختزال

س / وضح انواع الاقطاب الخلية الكلفانية او الفولتائية؟

اولاً :- قطب الفلز / ايون الفلز ويمثل المادة الصلبة (الفلز)/ ايون الفلز (محلوله المائي) مثال عند غمر لوح من الخارصين في محلول مائي ملحي من كبريتات الخارصين ويمكن التعبير عنه في تفاعلات التأكسد والاختزال وعلى التوالي

قطب الانود $Zn_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)}(1M)$ اما قطب الكاثود $Zn^{2+}_{(aq)}(1M) / Zn_{(s)}$

كما مبين ادناه:

اختزال(الكاثود) $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$

تأكسد (الانود) $Zn_{(S)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

ويمكن التعبير عن الخلية $Zn_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)}(1M) || Zn^{2+}_{(aq)}(1M) / Zn_{(s)}$

حيث يمثل/ حد الطور و || يمثل الجسر وعلى اليسار(الكاثود) و(الانود) وعلى اليمين

ثانياً :- القطب الغازي يتكون من ضخ غاز خلال انبوبة زجاجية بضغط معين داخل محلول يحتوي على ايونات ذلك الغاز مثل غاز(H_2) ومحلول HCl ولكون الغاز غير موصل ونستعمل سلك من البلاتين كعنصر خامل مثبت داخل الانبوبة يعمل كسطح موصل للتيار الكهربائي تفاعل الانود لقطب الهيدروجين عند سطح البلاتين وعلى الصورة الاتية:

تأكسد (الانود) $H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$

ويكون تفاعل الكاثود لقطب الكلور والذي يحدث على سطح البلاتين وعلى الشكل الاتي:

اختزال (الكاثود) $Cl_{2(g)} + 2e \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$ ويمكن التعبير عن الخلية

$Pt / H_{2(g)}(1atm) / H^+_{(aq)}(1M) || Cl^-_{(aq)}(1M) / Cl_{2(g)(1atm)} / Pt$

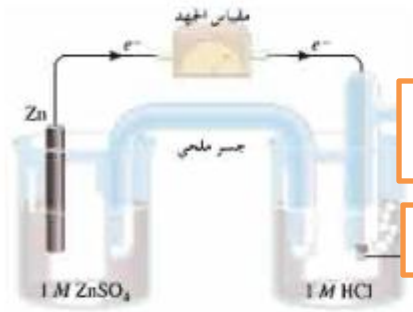
ثالثاً:- أقطاب التأكسد والاختزال تتكون من غمر سلك من البلاتين او عمود من الكرافيت في محلول يحتوي على ايونات عنصر له حالتي تأكسد مختلفتين مثل ايونات الحديد Fe^{2+}, Fe^{3+} و Sn^{2+}, Sn^{4+}

تفاعل التأكسد $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + 1e^-$ anode ويمكن التعبير عنه

$Pt/ Fe^{2+}_{(aq)}(1M), Fe^{3+}_{(aq)}(1M)$ وكذلك تفاعل الاختزال هو عكس تفاعل التأكسد

على اليسار Pt / (الكاثود) و (الانود) / Pt وعلى اليمين وعلى سبيل المثال للتعبير عن الخلية دانيال ذات التفاعل العام : $Zn_{(S)} + Cu^{+2}_{(aq)} \rightarrow Cu_{(S)} + Zn^{+2}_{(aq)}$ ويعبر عن هذه الخلية كتابة على الصورة الاتية : $Zn / Zn^{+2}(1M) || Cu^{+2}(1M) / Cu$

مثال (4-6) عبر عن الخلية الموضح في الرسم المجاور ثم اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام



$H_{2(g)}$ 1atm

قطب Pt

قطب الخارصين

قطب الهيدروجين

الاجابة :-

تفاعل التأكسد عند الانود $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

تفاعل الاختزال عند الكاثود $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

التفاعل العام للخلية $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

ويعبر عن الخلية بالشكل التال

$$Zn_{(s)} / Zn^{2+}_{(aq)}(1M) \| 2H^+_{(aq)}(1M) / H_{2(g)}(1atm) / Pt$$

تمرين (4-7) التفاعل العام لخلية كلفانية هو الآتي: $Cl_{2(g)} + 2Ag_{(s)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 2Ag^+_{(aq)}$

عبر عن الخلية كتابة عند الظروف القياسية ثم بين تفاعلي التأكسد والاختزال

الاجابة:- نكتب تفاعلات التأكسد(الانود) والاختزال (الكاثود)

تفاعل التأكسد	$2Ag_{(s)} \rightarrow 2Ag^+_{(aq)} + 2e^-$ anode
تفاعل الاختزال	$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$ Cathode

التعبير عن الخلية كتابة: $Ag_{(s)} / Ag^+_{(aq)}(1M) // Cl^-_{(aq)}(1M) / Cl_{2(g)}(1atm) / Pt$

تمرين(4-8) هل بامكان محلول HCl اذابة فلز الفضة الموجود في محلول يحتوي على ايون الفضة بتركيز 1M للخلية التالية علماً ان جهد الاختزال القياسي للفضة هو $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80V$

$$Ag_{(s)} / Ag^+(1M) \| H^+_{(aq)}(1M) / H_{2(g)}(1atm) / Pt$$

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(التأكسد) والكاثود (الاختزال)

تضرب في2: $2Ag_{(s)} \rightarrow 2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = -0.80(V)$

$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode} = 0(V)$

بالجمع: $2Ag_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow 2Ag^+_{(aq)} + H_{2(g)} \quad E^0_{Cell} = -0.80(V)$

.:.التفاعل لا تلقائي ولا يمكن اذابة فلز الفضة

العلاقة بين جهد الخلية وطاقة كبس الحرة القياسية وثابت الاتزان :-

ان الطاقة الكهربائية تقاس بوحدات الجول J والتي تنتجها الخلية تساوي جهد الخلية القياسي بوحدات الفولت مضروباً في الشحنة الكهربائية بوحدات الكولوم C المار خلال الخلية

س / اشتق العلاقة التي تربط بين الخلية القياسية وطاقة كبس الحرة القياسية وثابت الاتزان ؟

ج/ الطاقة الكهربائية= $E^0_{Cell} \times C ----(1)$

$C = n$ (عدد المولات الالكترونات) × F (الفاراداي) $---(2)$ عند تعويض الاولى بالثانية نحصل Q التي تمثل الطاقة الكهربائية :

$Q(J) = E^0_{Cell} \times n \times F ---(3)$ **بما ان الطاقة الكهربائية قيمتها =عكس قيمة الطاقة الحرة القياسية نحصل على العلاقة الاتية** $\Delta G^0 = -nFE^0_{Cell} ---(4)$ **بما ان ΔG^0 و K_{eq} لهم علاقة**

$\Delta G^0 = -RTInK_{eq} ---(5)$ وعند التعويض عن قيمة ΔG^0 من المعادلة 4 في المعادلة5 نحصل

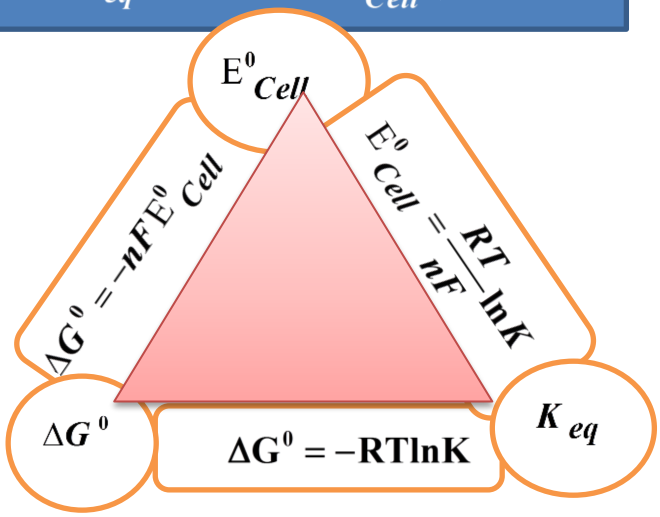
$-nFE^0_{Cell} = -RTInK_{eq} ---(6)$ وبالترتيب للمعادلة : $E^0_{Cell} = \frac{RT}{nF} InK_{eq} ---(7)$

ويمكن تبسيط العلاقة عند درجة $25C^0$ (298K) حيث ان

$R = 8.314(J/K.mole), F = 96500(C/mol.e^-)$ $\quad E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq} ---(8)$

ومن معادلة رقم (8) يمكن حساب جهد الخلية القياسي وكذلك ثابت الاتزان اذا كانت جهد الخلية القياسي معلوم في الظروف القياسية فقط اما في الظروف الغير قياسية نستعمل المعادلة رقم (7)

العلاقة بين الطاقة الحرة القياسية ΔG^0 وجهد الخلية القياسي E^0_{Cell} وثابت الاتزان K_{eq}



التفاعل تحت الظروف القياسية	E^0_{Cell}	Keq	ΔG^0
تكوين النواتج	موجبة	$K_{eq} > 1$	سالبة
النواتج = المتفاعلات	صفر	$K_{eq} = 1$	صفر
تكوين المتفاعلات	سالبة	$K_{eq} < 1$	موجبة

مثال (4-7) خلية كلفانية قياسية تفاعلها كالاتي : $2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(s)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)}$

احسب قيمة ΔG^0 وثابت الاتزان K_{eq} عند درجة $25C^0$ علماً ان جهد الاختزال القياسية

$E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80(V)$ و $E^0_{Pb^{2+}/Pb} = -0.13(V)$

الحل / الحل / نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (اختزال)

$Pb_{(s)} \rightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{Pb^{2+}/Pb} = +0.13V$

$2Ag^+_{(aq)} 2e^- \rightarrow Ag_{(s)} E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80V$ تضرب في2

$2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(s)} \rightarrow Ag_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)}$

$E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode} \Rightarrow E^0_{Cell} = +0.13V + (+0.80V) = +0.93V$

$$\Delta^0 G = -nFE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0 G = -2\times 96500\frac{C}{mole.e^-}\times 0.93(V)$$

$$\Delta^0 G = 19300\times 0.93(J/mole) \Rightarrow \Delta^0 G = -179490(J/mole)$$

$$E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n}InK_{eq} \Rightarrow +0.93 = \frac{0.026}{2}InK_{eq}$$

$$+0.93 = 0.013\ln K_{eq} \Rightarrow InK_{eq} = \frac{0.93}{0.013} \Rightarrow InK_{eq} = \frac{930}{13}$$

$$\frac{In}{e}K_{eq} = e^{71.5} \Rightarrow K_{eq} = 1.127341\times 10^{31} \approx 1.13\times 10^{31}$$

تمرين (4-9) احسب التغير في طاقة كبس الحرة $\Delta^0 G$ لتفاعل الخلية القياسية الاتية عند درجة حرارة $25C^0$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $3Hg_2{}^{2+}{}_{(aq)} + 2Cr_{(s)} \rightarrow 6Hg_{(l)} + 2Cr^{3+}{}_{(aq)}$

$$E^0_{Hg_2{}^{2+}/Hg} = +0.85V, E^0_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74(V)$$

الحل/ نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تضرب في 2
تضرب في 3

$$\begin{pmatrix} 2\left(Cr_{(s)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3e^-\right) E^0_{anode} = +0.74(V) \\ 3\left(Hg_2{}^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Hg_{(l)}\right) E^0_{Cathode} = +0.85(V) \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$2Cr_{(s)} \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 6e^-\ E^0_{anode} = +0.74(V)$$

$$3Hg_2{}^{2+}{}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 3Hg_{(l)}\ E^0_{Cathode} = +0.85(V)$$

التفاعل العام للخلية

$$2Cr_{(s)} + 3Hg_2{}^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3Hg_{(l)}$$

$$E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode} \Rightarrow E^0_{Cell} = 0.74 + 0.85 = +1.59(V)$$

$$\Delta^0 G = -nFE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0 G = -6\times 96500\left(\frac{C}{mole.e^-}\right)\times 1.59(V)$$

$$\Delta^0 G = -579000\times 1.59(J/mole) \Rightarrow \boxed{\Delta^0 G = -920610(J/mole)}$$

تمرين (4-10) لتفاعل الخلية القياسي التالي عند درجة حرارة $25C^0$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $2Fe^{3+}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} \rightarrow 2Fe^{2+}{}_{(aq)} + I_{2(g)}$

$E^0_{I_2/I^-} = +0.53(V), E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77(V)$ احسب

(آ)جهد الخلية القياسي (ب) طاقة كبس الحرة (ج) ثابت الاتزان

الحل/ نكتب تفاعل نصفي الخلية عند الانود (التأكسد) والكاثود (الاختزال)

$$2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2(g)} + \cancel{2e^-} \quad E^0_{anode} = -0.53(V)$$

تضرب في 2

$$2Fe^{3+}_{(aq)} + \cancel{2e^-} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} \quad E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77(V)$$

التفاعل العام للخلية

$$2I^-_{(aq)} + 2Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow I_{2(g)} + Fe^{2+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = +0.24(V) \Rightarrow$$

$$\Delta^0G = -nFE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0G = -2\times 96500\left(\frac{C}{mole.e^-}\right)\times 0.24(V)$$

$$\Delta^0G = -193000\left(\frac{C}{mole.e^-}\right)\times 0.24(V) \Rightarrow \Delta^0G = -46320\left(\frac{J}{mole}\right)$$

$$E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq} \Rightarrow 0.24(V) = \frac{0.026}{2} InK_{eq} \Rightarrow 0.48(V) = 0.026 InK_{eq}$$

$$InK_{eq} = \frac{0.48(V)}{0.026} = 18.46 \Rightarrow 2.3\log K_{eq} = 18.46 \Rightarrow \log K_{eq} = \frac{18.46}{2.3} = 8$$

$$\frac{\cancel{\log} K_{eq}}{\cancel{\log}} = \log^{-} 8 \Rightarrow \boxed{K_{eq} = 1\times 10^8}$$

معادلة نير نست (اعتماد جهد الخلية على التركيز)
وهي المعادلة التي تربط جهد الخلية غير القياسي E_{Cell} مع جهد الخلية القياسي E^0_{Cell} ومن خلال حاصل القسمة Q (مع تراكيز مكونات الخلية) وتتعامل مع التراكيز المختلفة للأيونات تفاعلات التأكسد والاختزال وايجاد جهد الخلية غير القياسي وكذلك تراكيز ايونات التفاعل

س / ماهي العلاقة التي تربط الخلية غير القياسي E_{Cell} مع تراكيز مكونات الخلية ؟

الجواب / هي معادلة نيرنست في درجة $25C^0$ $\quad E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} InQ$

س/ متى تكون($E_{Cell} = E^0_{Cell}$)
ج/ عندما تكون تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بحالتها القياسية تساوي (1M)تصبح Q مساوية الى الواحد الصحيح وقيمةln Q تساوي صفراً

ملاحظة/ المواد الصلبة والسائلة لا تظهر في معادلة نيرنست اي تساوي واحد اذا كانت في المواد المتفاعلة اما اذا كانت في المواد الناتجة فأنها تظهر وتكون قيمتها واحد
يتم تحويل ln الى log وذلك حسب الاتي : ($Inx = 2.3\times \log x$) وتعطى قيمة $\log x$

س/ ما هي اهمية معادلة نيرنست ؟
ج/ 1-حساب جهد الخلية غير القياسي من معرفة جهد الخلية القياسي
2-حساب تراكيز الايونات المشتركة في اقطاب الخلية
3- حساب تركيز ايون الهيدروجين H^+ ثم حساب قيمة الاس الهيدروجين

مثال(4-8)احسب جهد الخلية E_{Cell} عند درجة الحرارة $25C^0$ للخلية التي تفاعلها العام $2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \to 2Ag_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)}$ اذا علمت ان تراكيز الايونات $[Cu^{2+}] = 0.01M$ وجهود الاختزال القياسي $[Ag^+] = 0.01M$ و $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80(V)$ و $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34(V)$

الحل/ نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود(الاختزال)

$$Cu_{(s)} \to Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = -0.34(V)$$

تضرب في 2

$$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \to Ag_{(s)} \quad E^0_{Cathode} = +0.80(V)$$

$$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \to Ag_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = E^0_{anode} + E^0_{Cathode}$$

$$E^0_{Cell} = -0.34(V) + 0.80(V) = 0.46(V)$$

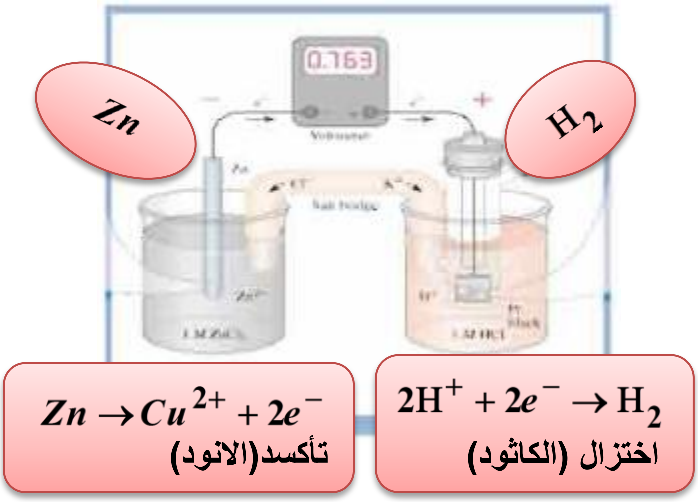
$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.46(V) - \frac{0.026}{2} In \frac{0.01}{(0.01)^2}$$

$$E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013In10^2 \Rightarrow E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013(2.3 \times \log 10^2)$$

$$E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013 \times (2 \times 2.3) \Rightarrow E_{Cell} = 0.46(V) - 0.013 \times 4.6$$

$$E_{Cell} = 0.46(V) - 0.0598 \Rightarrow \boxed{E_{Cell} = 0.4002(V)}$$

تمرين (4-11) باستخدام الخلية الكلفانية الموضحة في الشكل ادناه في تجربة وجد ان E^0_{Cell} للخلية تساوي 0.73V عند $25C^0$ افترض ان $[Zn^{2+}] = 0.1M$ وضغط غاز الهيدروجين $1atm$ احسب التركيز المولاري لأيونات H^+ اذا علمت ان جهد الاختزال للخارصين $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V)$



الحل نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد)والكاثود (اختزال)

$$Zn_{(S)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = +0.76(V)$$

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode} = 0.0(V)$$

$$Zn_{(S)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} \quad E^0_{Cell} = +0.76(V) \Rightarrow$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In\frac{[Zn^{2+}]}{[H^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.76(V) - \frac{0.026}{2} In\frac{0.1}{X^2}$$

$$0.73V - 0.76(V) = -0.013\left(2.3 \times \log\frac{0.1}{X^2}\right) \Rightarrow -0.03(V) = -0.0299\log\frac{0.1}{X^2}$$

$$\log\frac{0.1}{X^2} = \frac{-0.03(V)}{-0.0299l} = 1 \Rightarrow \frac{\log}{\log}\frac{0.1}{X^2} = \log^{-1}1 \Rightarrow \frac{0.1}{X^2} = 10$$

$$X^2 = \frac{0.1}{10} = 0.01 \Rightarrow X = \sqrt{0.01} = 0.1 mole / L$$

تمرين(4-12) احسب E^0_{Cell}, E_{Cell}, ΔG للخلية الاتية :

$Mg_{(s)} / Mg^{2+}(0.05M) || Sn^{2+}_{(aq)}(0.04M) / Sn_{(s)}$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$$E^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14(V), E^0_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37(V)$$

الحل/ نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود(الاختزال)

$$Mg_{(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = +2.37(V)$$

$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Sn_{(s)} \quad E^0_{Cathode} = -0.14(V)$$

$$Mg_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)} \quad E^0_{Cell} = +2.23(V) \Rightarrow$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In\frac{[Mg^{2+}]}{[Sn^{2+}]} \Rightarrow E_{Cell} = 2.23(V) - \frac{0.026}{2} In\frac{0.05}{0.04}$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013 In1.25 \Rightarrow E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013(2.3\log 1.25)$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013(2.3 \times 0.0969)$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.013(0.223)$$

$$E_{Cell} = 2.23(V) - 0.002899 = 2.227(V) \Rightarrow \Delta G = -nFE_{Cell}$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 2.227 \Rightarrow \Delta G = -193000 \times 2.227 \Rightarrow \Delta G = -429811(J / mole)$$

الخلايا الالكتروليتية / هي الخلايا المستهلكة للتيار الكهربائي وفيها تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية وتجري تفاعلاتها بشكل غير تلقائي اي ان قيمة الطاقة الحرة موجبة(+=ΔG) ولها تطبيقات مهمة في الصناعة

وتقسم الى قسمين خلايا التحليل الكهربائي تستخدم في تنقية الفلزات وخلايا عملية الطلاء الكهربائي وتستخدم لطلاء فلز معين بطبقة رقيقة من فلز اخر

س قارن بين الخلية الكلفانية وخلايا الالكتروليتية ؟

	الخلية الكلفانية (الفولتائية)	الخلايا الالكتروليتية(خلايا التحليل الكهربائي)
1	تستخدم التفاعل الكيميائي للحصول على طاقة كهربائية (مولدة للتيار الكهربائي)	تستخدم الطاقة الكهربائية لحدوث تفاعل كيميائي (مستهلكة للتيار الكهربائي)
2	تفاعلاتها تكون تلقائية أي ان قيمة (- =G∆)	تفاعلاتها بصورة غير تلقائية أي قيمة(+=G∆))
3	يستخدم فيها جسر ملحي	لا يستخدم فيها جسر ملحي
4	تنتقل فيها الالكترونات المتحررة من الذرة الى الايونات عبر السلك الموصل الخارجي بينما تنتقل الايونات بين المحلولين بواسطة الجسر الملحي	تنتقل فيها الالكترونات المتحررة من مصدر الجهد الخارجي(البطارية) اما الايونات الموجبة والسالبة الموجودة في المحلول (الالكتروليتي)او المواد المنصهرة
5	مثل خلية دانيال وبطاريات (نضائد)الاجهزة الكهربائية وبطارية تشغيل السيارات	مثل خلية الطلاء الكهربائي او خلايا تنقية الفلزات

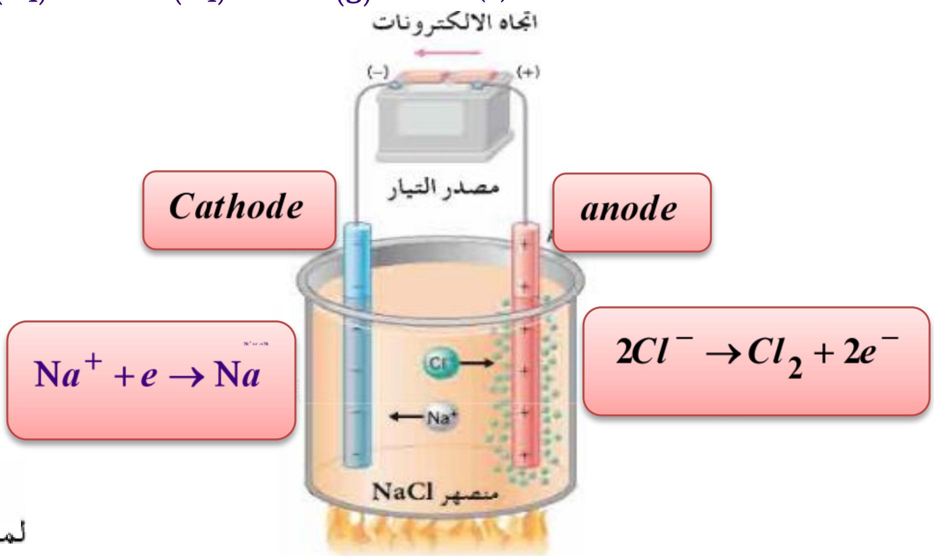
خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم :-

وهي الخلايا التي يتم فيها استخدام الطاقة الكهربائية لجعل تفاعل الخلية الالكتروليتية غير التلقائي يحدث وهي نوع من انواع الخلايا الالكتروليتية

س / وضح ممن تتكون خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم مع الرسم وتفاعلات نصفي الخلية والتفاعل العام للخلية ؟

ج/ تتكون من منصهر كلوريد الصوديوم وعند توصيل مصدر التيار تتحلل الى ايونات الصوديوم والكلوريد والتي تغمر فيها اقطاب من الكاربون او البلاتين في منصهر كلوريد الصوديوم فيحدث :
تفاعل التأكسد (الانود) يحدث عند ايون الكلوريد وتفاعل الاختزال (الكاثود)يحدث عند ايون الصوديوم كما في تفاعلاتها :-

تفاعل التأكسد(الانود)	$2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$ anode
تفاعل الاختزال(الكاثود)	$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na_{(s)}$ Cathode
تفاعل الخلية العام	$2Cl^-_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2Na_{(s)}$



خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم

س/ علل يجب بقاء الصوديوم مفصولاً عن غاز الكلور؟

ج/ لكي لا يتفاعل الصوديوم مع غاز الكلور بشكل تلقائي لتكوين كلوريد الصوديوم مرة اخرى

خلايا الطلاء الكهربائي :- وهي الخلايا التي يستخدم بها التحليل الكهربائي لطلاء فلز معين بطبقة رقيقة من فلز اخر ولها اهمية كبرى تتمثل بحماية المعادن من الصدأ او التأكل

س/ وضح ممن تتكون خلية الطلاء الكهربائي مع ذكر محلول الخلية ؟

ج/ (1) وتتركب من قطب الانود ويتكون من الفلز النقي المراد الطلاء به مثل الفضة النقي او الذهب النقي
(2) ومن قطب الكاثود الذي يتكون من السطح المراد طلاؤه مثل ملعقة الطعام او خاتم
(3) ومن محلول حاوي على احد املاح الفلز النقي مثل نترات الفضة او نترات الذهب

س / علامة تعتمد جودة خلية الطلاء الكهربائي على عاملين مهمين هما :-

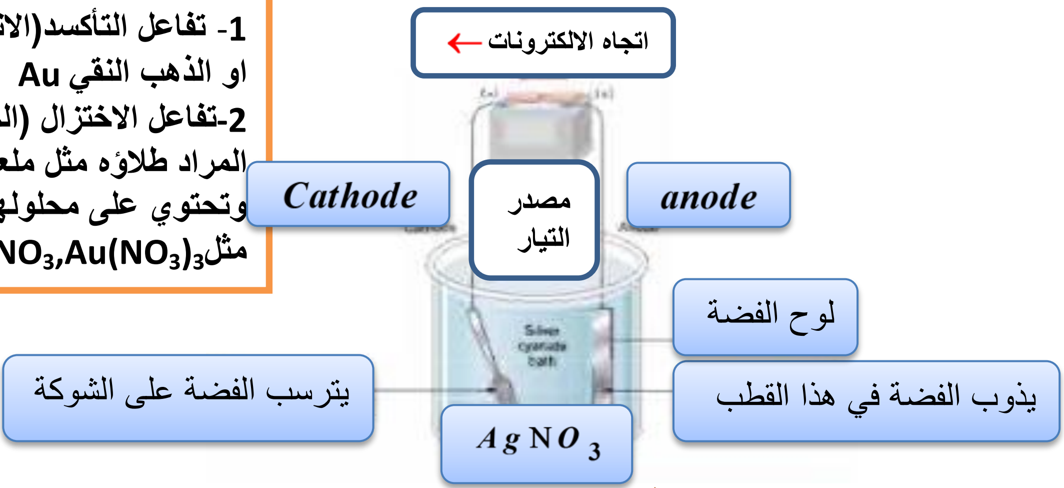
1-ان تكون شدة التيار الكهربائي المستخدم ضعيفة 2- تركيز ايونات الفلز المراد الطلاء به قليل

س / ماهي شروط الطلاء ؟

1- شدة التيار الكهربائي ضعيف 2 - تركيز ايونات الفلز المراد الطلاء به قليل

س / وضح بالرسم وتفاعلات خلية الطلاء الكهربائي ممن تتكون؟ ؟

1- تفاعل التأكسد(الانود) يمثل الفلز النقيAg او الذهب النقي Au
2-تفاعل الاختزال (الكاثود) ويمثل السطح المراد طلاؤه مثل ملعقة الطعام او خاتم وتحتوي على محلولها الملحي مثل$AgNO_3, Au(NO_3)_3$



خلية الطلاء الكهربائي

قوانين فأراداي :- استطاع العالم فاراداي بالتجارب العملية ان يبرهن قوانين التحليل الكهربائي وهذه القوانين التي تنص على الآتي:

القانون الاول : هو كتلة اي مادة تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب تتناسب طردياً مع الكمية الكهربائية التي تمر خلال الخلية الكهربائي

القانون الثاني :هو كتل المواد المختلفة التي تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب باستخدام نفس الكمية من الكهربائية تتناسب طردياً مع الكتل المكافئة للمواد المختلفة

س/ ما هي العمليات التي تجري عند اقطاب الخلية الكهربائية ؟

ج/ 1- قطب الكاثود (آ)تختزل ايونات الفلز الى ذراته وتترسب عليه
(ب)تتحرر الغازات التي تحمل ايوناتها في المحلول شحنة موجبة مثلH_2 وغيره
2- قطب الانود (آ) تتأكسد الفلزات اي تذوب في محلوله اي ان الفلز يعاني ذوباناً او اضمحلالاً
(ب) تتحرر الغازات التي تحمل ايوناتها في المحلول شحنة سالبة مثل غاز O_2 , Cl_2

يجب ان نتعرف على بعض المصطلحات:

اولاً:- التيار الكهربائي(I) ووحدته الامبير(A) ثانياً:- الشحنة الكهربائية (Q) ووحدتها الكولوم (C)

وقد تقاس (Q) بعدد مولات الالكترونات والتي تساوي الكولومات (Q) مقسوما على فاراداي (F)

$$F = 96500\left(C / mole.e^{-}\right)$$

بعض القوانين المهمة كما مبين في الجدول الاتي :

$Q(C) = I(A) \times t(s)$	$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500}$
$n = Q \times \frac{1mole}{Q}$ او $Q = \frac{\text{عددالالكترونات}}{\text{عددافوكادرو}}$	$n = \frac{V(L) \times 1mole}{22.4L}$
$n(mole) = \frac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{\text{عدد افوكادرو}}$ $m(g) = n(mole) \times M(g/mole)$	$n(mole) = \frac{\text{عدد الجزيئات المتحررة}}{\text{عددافوكادرو}}$ $PV = nRT$

س كيف تحل الامثلة الخاصة بالكمية الكهربائية (قوانين فاراداي)

اولاً:- اذا كانت عدد غرامات اي مادة معلومة نستخرج عدد المولات من القانون التالي: $n = \frac{m(g)}{M(g/mole)}$

اما اذا كان التراكيز والحجم معلوم نستخرج عدد المولات من القانون التالي: $n = M(mole/L) \times V(L)$

في كلتا الحالتين نجد الكمية الكهربائية اي تحويل المولات الى Q نكتب تفاعل احد نصفي الخلية ونجد منه الكمية الكهربائية Q بعد اخذ عدد الالكترونات من التفاعل ويحل محل Q في المقدار $\frac{1mole}{Q}$ من القانون التالي:

$n(mole) = Q \times \frac{1mole}{Q}$ ويمكن بعدها ايجاد التيار الكهربائي او الزمن مثل تمرين 13,14

ثانياً :- اذا كانت الكمية الكهربائية Q معلومة يجب تحويلها الى عدد المولات من القانون التالي :

$n(mole) = Q \times \frac{1mole}{Q}$ ثم نحسب عدد الغرامات من القانون $m(g) = n(mole) \times M(g/mole)$

او نجد التيار الكهربائي مباشرةً اذا كانت Q معلومة او نجد الزمن

ثالثاً:- اذا كانت النسبة المئوية معطاة بالسؤال نتخذ ما يلي :-

1- نجد Q الكلية من القانون التالي : $Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500}$ الكلية

2- $\% = \frac{X}{Q_T} \times 100\%$ حيث تمثل X الجزء المستهلك بينما تمثل Q_T الكمية الكهربائية الكلية

3 - نكتب تفاعل نصف الخلية ونستخرج عدد المولات من $n(mole) = Q \times \frac{1mole}{Q_{e^-}}$

4- نجد عدد غرامات المترسبة عند القطب $m(g) = n(mole) \times M(g/mole)$ او نحول المولات الى حجم من القانون الاتي: $PV = nRT$ مثل س35 من اسئلة الكتاب

رابعاً :- اذا كان عدد المولات المتبقي معلوم نستخرج عدد المولات الكلي اولاً وبعدها نستعمل القانون الاتي: (المتبقي $n-$ لكلي $n = n_T$ المستهلك) ثم نكتب معادلة نصف الخلية ونأخذ منها e^- عدد الالكترونات منه ثم نستخدم القانون التالي لاستخراج Q

$Q = n \times \frac{Q \curvearrowright e^-}{1mole}$ وبعدها يمكن ان نجد التيار او الزمن من $Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500}$

كما في المثال 14 في المنهج

خامساً :- اذا كان الحجم معلوم نحوله الى عدد المولات من $n(mole) = V(L) \times \frac{1mole}{22.4(L)}$

تم نجد Q من $Q = n \times \frac{Q \curvearrowright e^-}{1mole}$ وبعدها نجد التيار 0 ويمكن حساب عدد الذرات من $atoms = n \times N_A$

حيث ان N_A تمثل عدد افوكادرو 6.023×10^{23}

ملاحظات :-

1- يجب تحويل الضغط الى(atm) اي نقسم الضغط على 760

2- نحول الزمن من دقائق او ساعات الى الثانية (الدقائق تضرب في 60 ثانية اما الساعة تضرب في 3600

3- اذا كانت المولات معلومة نحولها الى Q ثم نكمل الحل كما مبين سابقاً

اما اذا كانت الكمية الكهربائية معلومة نحولها الى عدد المولات ثم نكمل الحل كما مبين سابقاً

اما اذا كان الحجم معلومة نحولها الى عدد المولات ثم نحولها الى Q حسب السؤال نكمل الحل كما مبين سابقاً

اما اذا كان حساب الحجمين من الغازات والكمية الكهربائية معلومة نكتب تفاعل الخلية وعدد الجزيئة التي تتحلل

مثل تحلل الماء $H_2O \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ نجمع الحجمين $y = 2X + X$ ونجد قيمهم ثم نأخذ حجم

$\quad y \qquad$ معلومة $\quad 2X \qquad X$

الاوكسجين الواحد في تفاعل مول واحد فقط ونحوله الى عدد المولات ثم نكمل الحل كما مبين سابقاً

تمرين (4-13) ماهي شدة التيار الكهربائي الذي يجب امراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة 200S ليرسب 3g من الذهب الكاثود الكتلة المولية للذهب 197g/mole

الاجابة :- نحسب عدد المولات

$$n = \frac{m(g)}{M(g/mole)} \Rightarrow n(mole) = \frac{3(\cancel{g})}{197(\cancel{g}/mole)} = 0.015(mole)$$

نكتب تفاعل نصف الخلية (الكاثود)

$$\left(\begin{array}{ccc} Au^{3+} + 3e^- & \rightarrow & Au\downarrow \\ 3mole.e^- & & 1mole \\ Q & & 0.015mole \end{array} \right) \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} Q = n(mole) \times \frac{Q \rightarrow e^-}{1mole} \\ Q = \frac{3mole.e^- \times 0.015\,\cancel{mole}}{1\,\cancel{mole}} \end{array}}$$

$$Q = 0.045mole.e^- \Rightarrow Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow 0.045mole.e^- = \frac{I(A) \times 200(s)}{96500}$$

$$0.045mole.e^- \times 96500 = I(A) \times 200(s) \Rightarrow 4342.5 = I(A) \times 200(s)$$

$$I(A) = \frac{4342.5}{200(s)} = 21.7(A)$$

تمرين (4-14) محلول من كبريتات $CuSO_4$ تركيزه 0.2M وحجمه 600mL امرر فيه تيار كهربائي شدته

96.5A 0 احسب الزمن اللازم لكي يبقى 0.03mole من ايون النحاس الاجابة:- نحسب عدد المولات الكلي

$$n(mole)=M(mole/L)\times V(L)\Rightarrow n(mole)=0.2(mole/\cancel{L})\times\frac{6\cancel{00}}{10\cancel{00}}(\cancel{L})$$

$$n(mole)=0.2\times0.6=0.12(mole)$$

ثم نحسب عدد المولات المستهلكة: n المستهلك $= n_T$ الكلي $-n$ المتبقي

$$n(mole)=0.12-0.03=0.09mole$$

ثم نحول المولات الى الكمية الكهربائية

$$Q=n\times\frac{Q\frown e^-}{1mole}\Rightarrow Q=0.09\cancel{mole}\times\frac{2mole.e^-}{1\cancel{mole}}=0.18mole.e^-$$

$$Q=\frac{I(A)\times t(s)}{96500(C/mole.e^-)}\Rightarrow 0.18\cancel{mole.e^-}=\frac{96.5(A)\times t(s)}{96500(C/\cancel{mole.e^-})}$$

$$0.18\times96500(C)=96.5(A)\times t(s)\Rightarrow t(s)=\frac{17370(C)}{96.5(A)}=180(s)$$

مثال (4-9) لتفاعل نصف الخلية الاتي : $Mg^{2+}_{(aq)}+2e^-\rightarrow Mg_{(s)}$ احسب عدد غرامات المغنسيوم التي يمكن انتاجها من فلز المغنسيوم عند امرار تيار شدته 25A لفترة ساعة واحدة 1hr علماً ان الكتلة المولية للمغنيسيوم تساوي 24g/mole ما هي عدد ذرات المغنسيوم المترسبة عند الكاثود وتحت نفس الظروف

الاجابة:- وحدة الزمن في علاقة فاراداي هي الثانية لذا نحول الساعة الى ثواني :

$$t(s)=t(hr)\times\frac{3600(s)}{1(hr)}\Rightarrow t(s)=1(\cancel{hr})\times\frac{3600(s)}{1(\cancel{hr})}=3600(s)$$

نجد الكمية الكهربائية المارة في الخلية بدلالة عدد مولات الالكترونات

$$Q(mole.e^-)=\frac{I(A)\times t(s)}{96500(C/mole.e^-)}\Rightarrow Q(mole.e^-)=\frac{25(A)\times3600(s)}{96500C/mole.e^-}$$

$$Q(mole.e^-)=\frac{90000(A.s)}{96500C/mole.e^-}=0.93(mole.e^-)$$

من معادلة اختزال المغنسيوم نجد $2mole.e^-$ يترسب 1mole من المغنسيوم كما في التفاعل

$Mg^{2+}_{(aq)}+2e^-\rightarrow Mg_{(s)}$ لذا فعدد مولات المغنسيوم تساوي

$$n(mole)=Q(mole.e^-)\times\frac{1(mole)}{Q\frown e^-}\Rightarrow n(mole)=0.93\cancel{mole.e^-}\times\frac{1(mole)}{2\cancel{mole.e^-}}=0.45mole$$

ولتحويل عدد المولات الى كتلة

$$m(g)=n(mole)\times M(g/mole)$$

$$m(g)=0.45(\cancel{mole})\times24(g/\cancel{mole})\Rightarrow m(g)=10.8(g)$$

عدد الذرات = عدد المولات × عدد افو كادرو

$$atoms = N_A \times n(mole) \Rightarrow atoms = 6.023\times10^{23}(atoms/\cancel{mole})\times 0.45\cancel{mole}$$

$$atoms = 2.7\times10^{23} atoms$$

البطاريات (النضائد) وخلايا الوقود : تسمى النضائد عادة بالخلايا الكلفانية والتي تصنف الى نوعين : اولية وهي التي لا يمكن اعادة شحنها وثانوية والتي يمكن اعادة شحنها وتتكون من تجمع عدد من الخلايا تربط على التوالي تساوي جهدها

س/ ما هي استعمالات بطارية الخزن الرصاصية ؟
ج/ في تشغيل السيارات وكثير من المعدات الكهربائية الصناعية

س / ممن تتكون بطارية الخزن الرصاصية ؟ ج/ اولاً :- من مجموعة (ثلاث او ست) من الخلايا جهد كل واحدة أكثر بقليل من 2V جهدها 6V او 12V على التوالي
ثانياً:- من قطبين احدهما مصنوع من الرصاص Pb الانود والاخر مصنوع من PbO_2 الكاثود مغمورين بمحلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 كثافته تتراوح عند شحن البطارية(1.2g/mL - 1.3g/mL)

س/ ماهي تفاعلات نصفي خلية الخزن الرصاصية ؟

تفاعل التأكسد(الانود)
$$Pb_{(S)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4(S)} + 2e^- \text{ anode}$$

تفاعل الاختزال (الكاثود)
$$PbO_{2(S)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4(S)} + 2H_2O_{(l)}$$

تفاعل الخلية العام
$$Pb_{(S)} + PbO_{2(S)} + 2H_2SO_{4(l)} \rightarrow 2PbSO_4\downarrow_{(S)} + 2H_2O_{(l)}$$

س/ علل تتشابه اقطاب البطارية عند فقدانها للشحن ؟ ج/ تكون راسب ابيض من كبريتات الرصاص $PbSO_4$ يغطي سطح القطبين مما يؤدي الى زيادة الماء وبالتالي الى انخفاض كثافة محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4

س / يصعب شحن البطارية عند فقدانها كفائتها ؟
ج/ لان قسم من $PbSO_4$ المترسبة على الاقطاب يسقط في محلول البطارية

س / وضح ممن تتكون الخلية الجافة ؟ ما هي تفاعلات نصفي الخلية ؟
ج/ 1- الانود عبارة عن اناء خارصين يحتوي على عجينة رطبة من كلوريد الخارصين وكلوريد الامونيوم
2 – الكاثود ويتكون من الكاربون (الكرافيت)يحيط به ثنائي اوكسيد المنغنيز

تفاعل عند الانود
$$Zn_{(s)} + 2OH_{(aq)} \rightarrow Zn(OH)_{2(S)} + \cancel{2e^-}$$

تفاعل عند الكاثود
$$2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} + \cancel{2e^-} \rightarrow 2MnO(OH)_{(S)} + \cancel{2OH_{(aq)}}$$

تفاعل الخلية العام
$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(S)} + 2MnO(OH)_{(S)}$$

س اهم مميزات الخلية الجافة ؟ج/ جهدها 1.48V وغير قابلة للشحن وتستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب وغيرها

س قان بين الخلية الرصاصية والخلية الجافة من حيث المميزات؟ الاجابة:-

ت	الخلية الرصاصية	الخلية الجافة
1	جهدها 2V	جهدها 1.48V
2	يمكن اعادة شحنها	وغير قابلة للشحن
3	تستعمل في بطارية السيارات	وتستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب وغيرها

(اجوبة الفصل الرابع)

س(4-1) عرف المصطلحات الاتية : الانود، القوة الدافعة الكهربائية، جهد الاختزال ، الجسر الملحي

الانود هو القطب الذي تجري عنده عملية الاكسدة والذي يكون مصدراً للالكترونات

القوة الدافعة الكهربائية / هي الجهد عبر الاقطاب في الخلية الكلفانية ويدعى بجهد الخلية E^0_{Cell}

وبالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة

جهد الاختزال القياسي :- هو الجهد القياسي الذي يمثل اقطاب الخلية القياسية عند الانود والكاثود في الظروف القياسية عند درجة $25C^0$ وتركيز 1M ويقاس بالفولت

الجسر الملحي :-وهو عبارة عن انبوب زجاجي على شكل حرف U مقلوب يحتوي على محلول الكتروليتي خامل لا يتغير كيميائياً خلال العملية و يثبت بداخلها بمادة الاكار مادة صمغية صلبة في درجة حرارة الغرفة وسائلة عند تسخينها

س(4-2) احسب ثابت فاراداي وبين وحداته .

الاجابة:-

$$F = N_A \times e^- \Leftrightarrow F = 6.023\times10^{23}\times1.6\times10^{-19}(C)$$
$$F = 96478(C/mole.e^-) \approx 96500(C/mole.e^-)$$

س(4-3) اي في الازواج التالية هو الافضل كعامل مؤكسد تحت الظروف القياسية اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80(V)$ و $E^0_{Au^{3+}/Au} = +1.50(V)$ و $E^0_{Br_2/Br} = +1.07(V)$

$E^0_{Cr^{+2}/Cr} = -0.74(V)$ و $E^0_{Cd^{+2}/Cd} = -0.40(V)$

(آ) Br_2 ام Au^{3+} (ب) H_2 ام Ag^+ (ج) Cd^{2+} ام Cr^{3+}

الاجابة :- (آ) Au^{3+} (ب) Ag^+ (ج) Cd^{2+}

س(4-4) اكتب العلاقة التي تربط ΔG^0 مع K_{eq} و E^0_{Cell} وعرف جميع الرموز التي تحتويها .

الاجابة:-

$$\Delta^0 G = -RTInK_{eq}$$

ΔG^0 تمثل الطاقة الحرة القياسية و R يمثل ثابت العام للغازات $8.314(J/K.mole)$

و T تمثل درجة الحرارة المطلقة $T(K) = (C^0 + 273)$ و K_{eq} يمثل ثابت الاتزان الكيميائي

س(4-5)عند الظروف القياسية $25C^0$ وضغط $1atm$ أي تفاعل سيجري تلقائياً في محلول مائي يحتوي على أيونات Ce^{4+}و Ce^{3+}و Fe^{3+}و Fe^{2+} احسب ΔG^0 و K_{eq} لهذا التفاعل اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} = +1.61(V)$ و $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77(V)$ ج/ $-81060J/mol$ 1.1×10^{14}

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل التأكسد	$Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + 1e$ $\quad E^0_{anode} = -0.77(V)$
تفاعل الاختزال	$Ce^{4+}_{(aq)} + 1e \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)}$ $\quad E^0_{Cathode} = +1.61(V)$

$$Fe^{2+}_{(aq)} + Ce^{4+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + Ce^{4+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = +0.84(V)$$

$$\Delta^0G = -nRTE^0_{Cell} \Rightarrow \Delta^0G = -1\times 96500\left(C/mole.e^-\right)\times 0.84(V)$$
$$\Delta^0G = -96500\left(C/mole.e^-\right)\times 0.84(V)$$
$$\boxed{\Delta^0G = -81060(J/mole)} \Rightarrow E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq}$$
$$0.84(V) = \frac{0.026}{1} InK_{eq} \Rightarrow InK_{eq} = \frac{0.84(V)}{0.026} = 32.3 \Rightarrow$$
$$InK_{eq} = 32.3 \Rightarrow 2.3\times \log K_{eq} = 32.3 \Rightarrow \log K_{eq} = \frac{32.3}{2.3}$$

بالقسمة على log

$$\log K_{eq} = 14.04347826086957 \Rightarrow \frac{\log}{\log} K_{eq} = \log^{1-} 14.043 \Rightarrow K_{eq} = 1.1\times 10^{14}$$

س(4-6) اكتب معادلة نيرنست وعرف جميع الرموز التي تحتويها

الاجابة:- $E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} InQ$ حيث ان Q يمثل حاصل القسمة تراكيز المواد الناتجة مقسومة على تراكيز المواد المتفاعلة وكل منهما مرفوع لاس يمثل عدد المولات في المعادلة الكيميائية الموزونة و n يمثل عدد المولات للالكترونات المفقودة او المكتسبة E^0_{Cell} جهد الخلية القياسي E_{Cell} مثل جهد الخلية غير قياسي

س(4-7) احسب E^0_{Cell} و E_{Cell} و ΔG لتفاعلات الخلايا الاتية:

$Mg_{(S)} + Sn^{2+} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Sn_{(S)}$ وان تركيز كل من المغنسيوم والقصدير $\left[Mg^{2+}\right] = 0.05M$ و $\left[Sn^{2+}\right] = 0.04M$

$3Zn_{(S)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} \rightarrow 3Zn^{2+}_{(aq)} + 2Cr_{(S)}$ وتركيز الخارصين والكروم $\left[Zn^{2+}\right] = 0.001M$ و $\left[Cr^{3+}\right] = 0.01M$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V), E^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14(V), E^0_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37(V)$$
$$E^0_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74(V)$$

الاجابة :- المعادلة الاولى هي نفس تمرين (4-12)
اما المعادلة الثانية نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد $3Zn_{(S)} \rightarrow 3Zn^{2+}_{(aq)} + 6e^-$ $E^0_{anode} = +0.76(V)$ — تضرب ×3

تفاعل اختزال $2Cr^{3+}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 2Cr_{(S)}$ $E^0_{Cathode} = -0.74(V)$ — تضرب ×2

تفاعل الخلية العام $3Zn_{(S)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} \rightarrow 3Zn^{2+}_{(aq)} + 2Cr_{(S)}$ $E^0_{Cell} = +0.02(V)$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In\frac{\left[Zn^{2+}\right]^3}{\left[Cr^{3+}\right]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.02(V) - \frac{0.026}{6} In\frac{(0.001)^3}{(0.01)^2}$$
$$E_{Cell} = 0.02(V) - 0.004\left(In10^{-5}\right)$$

تحويل $\ln 10^{-5}$ الى $2.3\log 10^{-5}$

$$E_{Cell} = 0.02(V) - \left(0.004\left(2.3\log 10^{-5}\right)\right) \Rightarrow E_{Cell} = 0.02(V) - 0.004 \times (-5 \times 2.3)$$
$$E_{Cell} = 0.02(V) - 0.004(-11.5) \Rightarrow E^{0}_{Cell} = 0.02 + 0.046$$
$$E_{Cell} = 0.066(V) \approx E_{Cell} = 0.07V \Rightarrow \Delta G = -nFE_{Cell}$$
$$\Delta G = -6 \times 96500 \times 0.066 \Rightarrow \Delta G = -579000 \times 0.07$$
$$\Delta G = -40530(J/mole)$$

س(4-8) احسب E^{0}_{Cell} للخلية المكونة من نصفي التفاعل Zn/Zn^{2+} و SHE كم سيكون جهد الخلية E_{Cell} اذا كان $[Zn^{2+}] = 0.45M$ و $P_{H_2} = 1atm$, $[H^{+}] = 1.8M$ اذا علمت ان جهد الاختزال القياسي

$E^{0}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V)$ ج/ $+0.79(V);+0.76(V)$

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \quad E^{0}_{(anode)} = +0.76(V)$

تفاعل الاختزال عند الكاثود $2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow H_{2(g)} \quad E^{0}_{(Cathode)} = 0.0(V)$

تفاعل الخلية العام $Zn_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} \quad E^{0}_{Cell} = +0.76(V)$

$(1.8)^2 \qquad 0.45$

$$E_{Cell} = E^{0}_{Cell} - \frac{0.026}{n}\ln\frac{[Zn^{2+}]}{[H^{+}]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 0.76 - \frac{0.026}{2}\ln\frac{0.45}{(1.8)^2}$$
$$E_{Cell} = 0.76 - 0.013\ln\frac{0.45}{3.24} \Rightarrow E_{Cell} = 0.76 - 0.013\ln 0.139$$
$$E_{Cell} = 0.76 - 0.013(2.3\log 0.139) \Rightarrow E_{Cell} = 0.76 - 0.013(2.3 \times -0.856)$$
$$E_{Cell} = 0.76 + 0.013(1.9688) \Rightarrow E_{Cell} = 0.76 + 0.025565 = 0.79(V)$$

س(4-10) احد التفاعلات النصفية للتحليل الكهربائي للماء هو : $2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^{+}_{(aq)} + 4e^{-}$ اذا تم جمع $0.08L$ من O_2 عند $25C^{0}$ وضغط $755mm.Hg$ فأحسب عدد مولات الالكترونات التي يجب تمريرها في المحلول (معلومة : $1atm = 760mm.Hg$) ج/ $0.012mol.e^{-}$

الاجابة :- نحول الحجم الى مولات

$$n(mole) = V(L) \times \frac{1mole}{22.4L} \Rightarrow n(mole) = 0.08(L) \times \frac{1mole}{22.4L}$$
$$n(mole) = \frac{0.08mole}{22.4} = 0.0035(mole) \approx 0.003(mole)$$

ومن معادلة تحلل الماء نجد ان $4mole.e^{-}$ ترسب مول واحد من الاوكسجين فعدد مولات الاوكسجين

$$n(mole) = Q(mol.e^-) \times \frac{1(mole)}{Q_{e^-}}$$

$$0.003(mole) = \frac{Q}{4mol.e^-} \Rightarrow Q = 0.003 \times 4 = 0.012mol.e^-$$

حل اخر:-

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{755}{760} atm \times 0.08(L) = n \times 0.082 \times 298K$$

$$0.993atm \times 0.08(L) = n24.436 \Rightarrow n = \frac{0.079}{24.436} = 0.003mole$$

$$Q = n(mole) \times \frac{Qe^-}{1mole} \Rightarrow Q = 0.003\,mole \times \frac{4mol.e^-}{1\,mole}$$

$$Q = 0.012mol.e^-$$

س(4-11) يسري تيار كهربائي لفترة $3.75hr$ خلال خليتي تحليل كهربائي مربوطتين على التوالي تحتوي الخلية الاولى محلول $AgNO_3$ في حين تحتوي الثانية على محلول $CuCl_2$ وخلال هذا الزمن ترسب $2g$ من الفضة في الخلية الاولى (آ) كم عدد غرامات النحاس التي ستترسب في الخلية الثانية (ب) ما قيمة التيار الساري بالأمبير

الاجابة :- نجد عدد المولات

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} \Rightarrow n(mole) = \frac{2(g)}{108(g/mole)}$$

$$n(mole) = 0.02mole$$

نكتب تفاعل نصف الخلية عند الكاثود نجد ان 1mole.e⁻ ترسب مول واحد من الفضة نجد Q

$$\left(\begin{matrix} (1)Ag^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ag\downarrow \\ 1mol.e^- \quad 1mole \end{matrix} \right) \Rightarrow$$

$$Q = n \times \frac{Q_{e^-}}{1mole} \Rightarrow Q = 0.02\,mole \times \frac{1mol.e^-}{1mole}$$

$$Q = 0.02mol.e^-$$

الكمية الكهربائية المارة بالخليتين هي نفسها $0.02mol.e^-$ ثم نكتب معادلة نصف الخلية عند الكاثود ونجد ان 2mole.e⁻ ترسب 1mole من النحاس عند الكاثود نستخرج عدد المولات

$$0.02mol.e^- \left(\begin{matrix} Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu\downarrow \\ 2mol.e^- \quad 1mole \end{matrix} \right) \Rightarrow n(mole) = Q \times \frac{1mole}{Q_{e^-}}$$

$$n = 0.02\,mol.e^- \times \frac{1mole}{2\,mol.e^-} = 0.01mole$$

نجد عد غرامات النحاس المترسبة عند الكاثود

$$m(g) = n(mole) \times M(g/mole)$$

$$m(g) = 0.01\,mole \times 63.5g/mole = 0.635(g) \approx 0.64(g)$$

نحول الزمن الى ثواني $t(s) = 3.75\,hr \times \frac{3600s}{1\,hr} = 13500s$ ثم نجد التيار الكهربائي

$$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow I(A) = \frac{Q \times 96500}{t(s)}$$

$$I(A)=\frac{0.02\times 965\,00}{135\,00\,(s)}=\frac{19.30}{135}=0.14(A)$$

س(4-12) بين ايهما يحرر الهيدروجين الالمنيوم ام الذهب عند تفاعلها مع الحوامض المخففة اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية للألمنيوم $E^0_{Al^{3+}/Al}=-1.66(V)$ وللذهب $E^0_{Au^{3+}/Au}=-1.50(V)$ ولماذا

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $2AL\rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)}+6e^- \quad E^0_{(anode)}=+1.66V$ (تضرب ×2)

تفاعل اختزال عند الكاثود $6H^+_{(aq)}+6e^-\rightarrow 3H_{2(g)} \quad E^0_{(Cathode)}=0.0V$ (تضرب×3)

تفاعل الخلية العام $2Al_{(S)}+6H^+_{(aq)}\rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)}+3H_{2(g)} \quad E^0_{Cell}=+1.66(V)$

∴ التفاعل تلقائي ويستطيع الالمنيوم تحرير غاز الهيدروجين $H_{2(g)}$

س(4-13) هل يجري تفاعل الخلية التالية المعبر عنها ادناه تلقائياً ام لا ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}=+0.77(V)$ و $E^0_{Br_2/Br^-}=+1.07(V)$

$$Pt/Fe^{2+}(1M);Fe^{3+}(1M)\,||\,Br^-(1M)/Br_2(1atm)/Pt$$

ج/ يمكن

الاجابة :- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $2Fe^{2+}_{(aq)}\rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)}+2e^- \quad E^0_{(anode)}=-0.77(V)$ تضرب ×2

تفاعل اختزال عند الكاثود $Br_{2(g)}+2e^-\rightarrow 2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{(Cathode)}=1.07(V)$

تفاعل الخلية العام $2Fe^{2+}_{(aq)}+Br_{2(g)}\rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)}+2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{Cell}=+1.7(V)$

∴التفاعل تلقائي يمكن لأيون الحديد III اكسدة ايون البروميد Br^-

---

س(4-14) احسب جهد قطب غاز H_2 في $25C^0$ وضغط $1atm$ اذا علمت ان PH محلولهالالكتروليتي =1

ج/ $-0.0592V$

الاجابة :- نكتب تفاعل نصف الخلية عند الكاثود(الاختزال)

$$\begin{pmatrix}2H^+_{(aq)}+2e^-\rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode}=0.0(V)\\ 0.1M \qquad\qquad 1atm\end{pmatrix}\Rightarrow E_{H_2}=E^0_{H_2}-\frac{0.026}{n}InQ$$

$$E_{H_2}-E^0_{H_2}=-\frac{0.026}{2}In\frac{1}{(0.1)^2}\Rightarrow E_{H_2}-0=-0.013In\frac{1}{10^{-2}}$$

$$E_{H_2}=-0.013In10^2\Rightarrow E_{H_2}=-0.013\left(2.3\times\log 10^2\right)$$

$$E_{H_2}=-0.013(2\times 2.3)\Rightarrow E_{H_2}=-0.013\times 4.6=-0.0598$$

س(4- 15) حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الاتي :

$$AgNO_2 + Cl_2 + 2KOH \rightarrow AgNO_3 + 2KCl + H_2O$$

الاجابة:- تفاعل اختزال(عامل مؤكسد) $Cl_2 \rightarrow Cl^-$ اي نقصان في اعداد التأكسد

تفاعل تأكسد(عامل مختزل) $NO_2 \rightarrow NO_3$ زيادة في اعداد التأكسد

س(4- 16) هل يمكن حفظ محلول ملح الطعام في اناء من النحاس ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34(V)$ و $E^0_{Na^+/Na} = -2.70(V)$ ج/ يمكن

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Cu_{(S)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = -0.34V$

تفاعل اختزال عند الكاثود $2Na^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Na_{(S)} \quad E^0_{(Cathode)} = -2.70(V)$ تضرب ×2

تفاعل الخلية العام $Cu_{(S)} + 2Na^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Na_{(S)} \quad E^0_{Cell} = -3.04(V)$

.:.يمكن حفظ النحاس Cu لانه لا يتفاعل مع ملح الطعام (تفاعل غير تلقائي)

س(4-17) هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في اناء من النيكل ام لا يمكن ذلك مع ذكر السبب ؟ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34(V)$, $E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0.24(V)$ ج/ لا

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Ni_{(S)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \quad E^0_{anode} = +0.24(V)$

تفاعل اختزال عند الكاثود $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(S)} \quad E^0_{Cathode} = 0.34(V)$

تفاعل الخلية العام $Ni_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)} \quad E^0_{Cell} = +0.58(V)$

.:.لا يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في اناء من النيكل لانه يتفاعل تلقائياً

س(4-18) ما هو التيار بالأمبير (A) اللازم لترسيب 5g من الذهب في ساعة واحدة على سطح الكاثود من محلول يحتوي على ملح للذهب حالة التأكسد للذهب فيه (+3) ؟ ج / 2.01A

الاجابة:- نحسب عدد المولات من الكتلة المولية المعلومة وعدد الغرامات المعلومة (وزاري)

$$n(mole) = \frac{m(g)}{M(g/mole)} = \frac{5(g)}{197(g/mole)} = 0.025(mole)$$

وحسب معادلة اختزال الذهب نجد ان $3mol.e^-$ ترسب من الذهب 1mole نستطيع حساب الكمية الكهربائية

$$\left(Au^{3+}_{(aq)} + \underset{3mol.e^-}{3e^-} \xrightarrow{Cathode} \underset{1mole}{Au\downarrow} \right) \Rightarrow$$

$$Q = n(mole) \times \frac{Q_{e^-}}{1mole} \Rightarrow$$

$$Q = 0.025(mole) \times \frac{3mole.e^-}{1\,mole}$$

$$Q = 0.075\,mol.e^- \Rightarrow Q(mol.e^-) = \frac{IA \times t(s)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$0.075\,(mol.e^-) = \frac{I \times (1 \times 3600s)}{96500(C/mol.e^-)}$$

$$0.075 \times 96500 = IA \times 3600s \Rightarrow IA = \frac{7237.5}{3600} \Rightarrow \boxed{IA = 2.01(A)}$$

س(4-19) مم يتكون انود وكاثود البطارية الجافة ؟ اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام واهم مميزاتها
ج/ 1- الانود عبارة عن اناء خارصين يحتوي على عجينة رطبة من كلوريد الخارصين وكلوريد الامونيوم
2 – الكاثود ويتكون من الكاربون (الكرافيت)يحيط به ثنائي اوكسيد المنغنيز

تفاعل عند الانود $Zn_{(s)} + 2OH_{(aq)} \rightarrow Zn(OH)_{2(g)} + 2e^-$ anode

تفاعل عند الكاثود $2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2MnO(OH)_{(S)} + 2OH_{(aq)}$

تفاعل الخلية العام $Zn_{(S)} + 2MnO_{2(S)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(S)} + 2MnO(OH)_{(S)}$

اهم مميزات الخلية الجافة :
(جهدها 1.48V وغير قابلة للشحن وتستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب وغيرها)

س(4-20) لماذا يجب ان يكون جهد الخلية الكلفانية موجباً؟
الاجابة:- الان الخلية تعمل بشكل تلقائي $(\Delta G = -)$ يجب ان تكون قيمة جهد الخلية موجبة $(E_{Cell} = +)$
من العلاقة $(\Delta G = -nFE_{Cell})$

س(4-21) احسب تركيز ايونات الخارصين في محلول قطب الخارصين اذا كان جهد اختزال الخارصين غير القياسي يساوي $-0.82(V)$ وجهد اختزاله القياسي $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V)$ ج/ $0.01(mol/L)$

الاجابة :- نكتب تفاعل نصف الخلية عند الكاثود (الاختزال)

$$\begin{pmatrix} Zn^{2+}_{(aq)} & +2e^- & \rightarrow Zn_{(s)} \\ XM & 2mol.e^- & 1M \end{pmatrix} \Rightarrow E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In\frac{[Zn]}{[Zn^{2+}]}$$

$$E_{Cell} - E^0_{Cell} = -\frac{0.026}{2} In\frac{1}{X} \Rightarrow -0.82 + 0.76 = -0.013 In\frac{1}{X}$$

$$-0.06V = -0.013 In\frac{1}{X} \Rightarrow In\frac{1}{X} = \frac{-0.06}{-0.013} \Rightarrow In\frac{1}{X} = 4.6$$

$$2.3 \times \log\frac{1}{X} = 4.6 \Rightarrow \log\frac{1}{X} = \frac{4.6}{2.3} \Rightarrow \log\frac{1}{X} = 2 \Rightarrow \frac{\log}{\log}\frac{1}{X} = \log^- 2$$

$$\frac{1}{X} = 10^2 \Rightarrow X = \frac{1}{100} = 0.01(mole/L) = [Zn^{2+}]$$

س(4-22) احسب جهد خلية دانيال اذا علمت ان تركيز كبريتات الخارصين 0.1M وتركيز كبريتات النحاس 0.01M في درجة $25C^0$ وان الجهد القياسي للخلية يساوي $1.10(V)$

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Zn_{(S)} \to Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ anod

تفاعل اختزال عند الكاثود $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \to Cu_{(S)}$ Cathode

تفاعل الخلية العام $Zn_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \to Cu_{(S)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

1M 0.01M 1M 0.01M

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} \Rightarrow E_{Cell} = 1.10V - \frac{0.026}{2} In \frac{0.1}{0.01}$$

$$E_{Cell} = 1.10(V) - 0.013 In10 \Rightarrow E_{Cell} = 1.10(V) - 0.013 \times 2.3$$

$$E_{Cell} = 1.10(V) - 0.0299 = 1.07(V)$$

س(4-23) اي تفاعل هو تفاعل اكسدة – اختزال:

$(1) Al_2O_3 + 6HCl \to 2AlCl_3 + 3H_2O; (2) 2Na + Cl_2 \to 2NaCl$

$(3) 2KClO_3 \to 2KCl + 3O_2; (4) SiBr_4 + 3H_2O \to H_2SiO_3 + 4HBr$

$(5) Zn + CuSO_4 \to ZnSO_4 + Cu$

الاجابة:-

1-لا تعتبر تفاعل اكسدة - اختزال

2- تعتبر تفاعل اكسدة - اختزال

3- تعتبر تفاعل اكسدة – اختزال

4- تعتبر تفاعل اكسدة – اختزال

5- تعتبر تفاعل اكسدة – اختزال

س(4-24) خلية كلفانية تفاعلها العام في درجة $25C^0$

$Cu^{2+}_{(aq)}(0.01M) + Cd_{(S)} \to Cu_{(S)} + Cd^{2+}_{(aq)}(0.1M)$ وجهدها القياسي يساوي $+0.74(V)$ احسب التغير في الطاقة الحرة . ج / $-137030J/mol$

الاجابة:- نكتب معادلة نيرنست

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Cd^{2+}]}{[Cu^{2+}]} \Rightarrow E_{Cell} = 0.74V - \frac{0.026}{2} In \frac{0.1}{0.01}$$

$$E_{Cell} = 0.74(V) - 0.013 In10 \Rightarrow E_{Cell} = 0.74V - 0.013 \times 2.3$$

$$E_{Cell} = 0.74(V) - 0.0299 = 0.71(V)$$

$$\Delta G = -nFE_{Cell} \Rightarrow \Delta G = -2 \times 96500C/mol.e^- \times 0.71V$$

$$\Delta G = -193000 \times 0.71V \Rightarrow \Delta G = -137030(J/mol)$$

س(4-25) احسب التغير في الطاقة الحرة لتفاعل الخلية التالي في درجة $25C^0$

$Mg/Mg^{2+}(1M)||Br^-(0.1M)/Br_2(1atm)/Pt$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^0_{Mg^{2+}/Mg}=-2.37(V)$ و $E^0_{Br_2/Br^-}=+1.07(V)$ ج/ $675500J/mol$

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (اختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود $Mg_{(S)}\rightarrow Mg^{2+}_{(aq)}+2e^- \quad E^0_{anode}=+2.37(V)$

تفاعل اختزال عند الكاثود $Br_{2(g)}+2e^-\rightarrow 2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{Cathode}=+1.07(V)$

تفاعل الخلية العام $Mg_{(S)}+Br_{2(g)}\rightarrow Mg^{2+}_{(aq)}+2Br^-_{(aq)} \quad E^0_{Cell}=+3.44(V)$

1atm 1M 0.1M

$$E_{Cell}=E^0_{Cell}-\frac{0.026}{n}In[Mg^{2+}][Br^-]^2\Rightarrow E_{Cell}=3.44V-0.013In1\times(0.1)^2$$
$$E_{Cell}=3.44(V)-0.013(2.3\times\log10^{-2})\Rightarrow E_{Cell}=3.44V-0.013(-4.6)$$
$$E_{Cell}=3.44(V)+0.0598=3.4998(V) \quad \boxed{E_{Cell}=3.5(V)}$$
$$\Delta G=-FnE_{Cell}\Rightarrow \begin{array}{l}\Delta G=-2(mol.e^-)\times 96500(C/mol.e^-)\times 3.5(V)\\ \Delta G=-193000(C)\times 3.5(V)\\ \Delta G=-675500(J/mole)\end{array}$$

علماً ان الكولوم (C) ×الفولتية(V) يساوي الجول(J)

س(4-26) ما مقدار التغير في الطاقة الحرة للخلية التالية في درجة $25C^0$ علماً ان $K_{eq}=2.3\times10^4$ وان التفاعل العام لهذه الخلية: $2H^+_{(aq)}(1M)+Pb_{(S)}\rightarrow H_{2(g)}+Pb^{2+}_{(aq)}(0.01M)_{(S)}$ ج/ $-36515J/mol$

الاجابة:-

$$E^0_{Cell}=\frac{0.026}{n}InK_{eq}\Rightarrow E^0_{Cell}=\frac{0.026}{2}In(2.3\times10^4)$$
$$E^0_{Cell}=0.013\times 9.9536077\Rightarrow E^0_{Cell}=0.1293969(V)$$
$$2H^+_{(aq)}(1M)+Pb_{(S)}\rightarrow H_{2(g)}+Pb^{2+}_{(aq)}(0.01M)$$
$$E_{Cell}=E^0_{Cell}-\frac{0.026}{2}In\frac{[Pb^{2+}]}{[H^+]^2}\Rightarrow E_{Cell}=0.13622-0.013In\frac{0.01}{1^2}$$
$$E_{Cell}=0.1293969-0.013In10^{-2}\Rightarrow E_{Cell}=0.1293969-0.013(-4.6)$$
$$E_{Cell}=0.1293969+0.00598=0.1891969V(V)$$
$$\Delta G=-nFE\Leftrightarrow \Delta G=-2\times 96500\times 0.1891969V$$
$$\Delta G=-193000\times 0.1891969V=-36515(J/mole)$$

س(4-27) خلية فولتائية في درجة $25C^0$ تفاعلها العام $Sn^{2+}_{(aq)}+Ni_{(S)}\rightarrow Sn_{(S)}+Ni^{2+}_{(aq)}$

اذا علمت ان جهد الخلية غير القياسي يساوي $(+0.17V)$ احسب تركيز ايونات النيكل Ni^{2+} علماً ان قطب القصدير في ظروفه القياسية وجهود الاختزال $E^0_{Ni^{2+}/Ni}=-0.25(V)$ $E^0_{Sn^2/Sn}=-0.14(V)$

ج/ $0.01mol/L$

الاجابة:-نكتب تفاعلات الخلية عند الانود (تأكسد) والكاتود (الاختزال)

تفاعل تأكسد عند الانود	$Ni_{(S)} \rightarrow Ni^{2+}{}_{(aq)} + 2e^{-} \quad E^{0}{}_{anode} = +0.25(V)$
تفاعل اختزال عند الكاثود	$Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Sn_{(S)} \quad E^{0}{}_{Cathode} = -0.14(V)$

$$Ni_{(S)} + Sn^{2+}{}_{(aq)}(1M) \rightarrow Ni^{2+}{}_{(aq)}(X) + Sn_{(S)} \quad E^{0}{}_{Cell} = +0.11V$$

$$E_{Cell} = E^{0}{}_{Cell} - \frac{0.026}{2} In\frac{X}{1} \Rightarrow E_{Cell} - E^{0}{}_{Cell} = -0.013InX$$

$$0.17 - 0.11 = -0.013InX \Rightarrow 0.06 = -0.013InX$$

$$InX = \frac{0.06}{-0.013} \Rightarrow InX = -4.6 \Rightarrow 2.3 \times \log X = -4.6$$

$$\log X = \frac{-4.6}{2.3} \Rightarrow \log X = -2 \Rightarrow \frac{\log X}{\log} = \log^{-}(-2) \Rightarrow X = 10^{-2} \Rightarrow [Ni^{2+}] = 0.01M$$

س(4-28) للخلية الاتية : $Al / Al^{3+}(1M) || Cd^{2+}(1M)Cd$ اذا علمت ان جهد الخلية القياسي يساوي $(1.26V)$ وجهد الاختزال القياسي للكادميوم يساوي $E^{0}{}_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40(V)$ احسب جهد الاختزال القياسي للألمنيوم ؟ ج / $-1.66(V)$

الاجابة:-نكتب تفاعلات نصفي الخلية (تأكسد) والكاتود (الاختزال) بعد ضرب كل من تفاعل التأكسد في 2 وتفاعل الاختزال في3

تفاعل تأكسد عند الانود	$2Al_{(S)} \rightarrow 3Al^{3+}{}_{(aq)} + 6e^{-} \quad E^{0}{}_{anode} = XV$
تفاعل اختزال عند الكاثود	$3Cd^{2+}{}_{(aq)} + 6e^{-} \rightarrow 3Cd_{(S)} \quad E^{0}{}_{Cathode} = -0.40(V)$

$$2Al_{(S)} 3Cd^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow 3Al^{3+}{}_{(aq)} + 3Cd_{(S)} \quad E^{0}{}_{Cell} = 1.26(V)$$

$$E^{0}{}_{Cell} = E^{0}{}_{anode} + E^{0}{}_{Cathode} \Rightarrow E^{0}{}_{anode} = E^{0}{}_{Cell} + E^{0}{}_{Cathode}$$

$$E^{0}{}_{anode} = 1.26 + 0.40 = 1.66(V) \Rightarrow E^{0}{}_{Al^{3+}/Al} = -1.66$$

س(4-29) خلية كلفانية في درجة $25C^{0}$ احد قطبيها هو الهيدروجين وبضغط 1atm من غاز الهيدروجين والاخر قطب النيكل تركيز ايوناته فيه $0.01M$ ؟احسب الاس الهيدروجيني PH لمحلول قطب الهيدروجين اذا علمت ان مقدار الطاقة الحرة لتفاعل الخلية $-48.25KL/mol$ وان جهد اختزال قطب النيكل لقياسي $-0.25V$

الاجابة :-

$$\Delta G = -nFE \Rightarrow -48.3 \times 1000 = -2 \times 96500E \Rightarrow -48300 = 193000E$$

$$E_{Cell} = \frac{-48300}{193000} = 0.25025(V)$$

نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود (تأكسد) والكاثود (الاختزال)

تفاعل تأكسد (الانود)

$$Ni_{(S)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e \quad E^0_{anode} = +0.25(V)$$

تفاعل اختزال(الكاثود)

$$2H^+_{(aq)} + 2e \rightarrow H_{2(g)} \quad E^0_{Cathode} = 0.0(V)$$

$$Ni_{(s)} + 2H^+_{(aq)}(X^2) \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)}(0.01) + H_{2(g)} \quad E^0_{Cell} = 0.25(V)$$

$$E_{Cell} = E^0_{Cell} - \frac{0.026}{n} In \frac{[Ni^{2+}]}{[H^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} - E^0_{Cell} = -\frac{0.026}{2} In \frac{0.01}{X^2}$$

$$0.25025 - 0.25 = -0.013 In \frac{0.01}{X^2} \Rightarrow 0.0003 = -0.013 In \frac{0.01}{X^2}$$

$$In \frac{0.01}{X^2} = \frac{0.0003}{-0.013} \Rightarrow In \frac{0.01}{X^2} = -0.023$$

بالقسمة على e^X

$$\frac{In}{e^X} \frac{0.01}{X^2} = e^{-0.023} \Rightarrow \frac{0.01}{X^2} = 0.977 \Rightarrow X^2 = \frac{0.01}{0.977} \Rightarrow X^2 = 0.01$$

$$\Rightarrow \boxed{X = \sqrt{0.01} = 0.1(mol/L) = [H^+]}$$

$$P^H = -\log[H^+] \Rightarrow P^H = -\log 0.1 \Rightarrow \boxed{P^H = 1}$$

س(4-30) اذا علمت ان جهد الخلية الاتية : $Sn / Sn^{2+}(?M) || Ag^+(1M) / Ag$ عند درجة $25C^0$ يساوي 0.9992 فولت .جد تركيز ايونات القصدير Sn^{2+} في محلول القطب علماً ان قطب الفضة في ظروفه القياسية وجهود الاختزال القياسية $E^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14(V)$ و $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80(V)$ ج / $0.01mol / L$

الاجابة:-نكتب تفاعلات الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (الاختزال)

$$Sn_{(S)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e \quad E^0_{anode} = +0.14(V)$$

$$2Ag^{1+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Ag_{(aq)} \quad E^0_{(Cathode)} = 0.80(V)$$

$$Sn_{(S)} + 2Ag^{1+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2Ag^{1+}_{(aq)} \quad E^0_{Cell} = 0.94(V)$$

$$E_{Cell} - E^0_{Cell} = -\frac{0.026}{2} In \frac{[Sn^{2+}]}{[Ag^+]} \Rightarrow 0.9992 - 0.94 = -0.013 In \frac{X}{1^2}$$

$$0.0592 = -0.013 InX \Rightarrow InX = \frac{0.0592}{-0.013}$$

$$\frac{In}{e^X} X = e^{-4.6} \Rightarrow X = 0.01M = [Sn^{2+}]$$

بالقسمة على e^X

س(4-31) امرر تيار شدته 10A خلال 965s في خلية تحليل كهربائي تحتوي على كبريتات النحاس ما هو وزن النحاس المترسب وعدد ذراته علماً ان الكتلة الذرية للنحاس = 63 ج / $0.3 \times 10^{23} atoms; 3.15g$

الاجابة :- نجد الكمية الكهربائية من

$$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow Q = \frac{10 \times 965}{96500} = \frac{965\cancel{0}}{9650\cancel{0}} \Rightarrow Q = 0.1 mol.e^-$$

$$Cu^{2+}{}_{(aq)} \ +2e^- \ \rightarrow Cu_{(s)}$$
$$2mol.e^- \qquad 1mple$$

من معادلة اختزال النحاس نجد $2(mol.e^-)$ ترسب $1mole$ من النحاس فان عدد مولات تساوي:

$$n = Q \times \frac{1mole}{Q_{e^-}} \Rightarrow n = 0.1\,\cancel{mol.e^-} \times \frac{1mole}{2\,\cancel{mol.e^-}}$$

$$n(mole) = \frac{0.1mole}{2} = 0.05mole \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} m(g) = n \times M \\ m(g) = 0.05(\cancel{mole}) \times 63(g/\cancel{mole}) \\ m(g) = 3.15(g) \end{array}}$$

$$atoms = n \times N_A \Rightarrow atoms = 0.05 \times 6.023 \times 10^{23} = 0.3 \times 10^{23} atoms$$

س(4-32) يترسب $0.648g$ من احد الفلزات احادي التكافؤ على الكاثود عند امرار تيار كهربائي شدته $3A$ لمدة $3min$ و $13s$ في محلول احد الاملاح لذلك الفلز . احسب الكتلة الذرية للفلز المترسب ؟ ج / $108g$

الاجابة :- نحول الزمن من الدقائق الى الثواني

$$t(s) = 3min \times 60 + 13 \Rightarrow t(s) = 180 + 13 = 193(s)$$

$$Q = \frac{I \times t}{96500} \Rightarrow Q = \frac{3 \times 193}{96500} = \frac{579}{96500} = 0.006(mol.e^-)$$

$$M^+ + e^- \rightarrow M_{(s)}$$

من معادلة اختزال الفلز نجد ان $1mol.e^-$ ترسب $1mol$ نجد ان عدد المولات تساوي :

$$n = Q \times \frac{1mole}{Q_{e^-}} \Rightarrow n(mole) = 0.006\,\cancel{mol.e^-} \times \frac{1mole}{1\,\cancel{mol.e^-}}$$

$$n(mole) = \frac{0.006mole}{1} = 0.006mole \Rightarrow m(g) = n \times M$$

$$M(g/mole) = \frac{\cancel{0}.648(g)}{\cancel{0}.006(mole)} \Rightarrow M = 108(g/mole)$$

س(4-33) احسب عدد الالكترونات اللازمة لتحرير ضعف الحجم المولي لغاز الاوكسجين في STP (معلومة : الحجم المولي لاي غاز يساوي $22.4L$ ؟ ج / $48.16 \times 10^{23} e$

الاجابة :- نكتب معادلة تحلل الماء كهربائياً : $\Rightarrow$

$$\left(\begin{array}{llll} 2H_2O \rightarrow & O_2 + 4H^+ + & 4e^- \\ & 22.4L & 4mol.e^- \\ & 44.8L & Q \end{array}\right)$$

$$Q = VL \times \frac{Q_{e^-}}{22.4L} \Rightarrow Q = \cancel{44.8}^{2}\,\cancel{L} \times \frac{4mol.e^-}{\cancel{22.4}^{1}\,\cancel{L}} \Rightarrow Q = 8mol.e^- = n$$

0 $^{-} = \times N_A$ 1320.6e.lom8ene عدد الالكترونات × 10^{23}

$$\boxed{e^- = 48.184 \times 10^{23} e^-}$$

س(4-34) احسب شدة التيار اللازم امراره لمدة 2hr و 520s في خلية تحليل الماء كهربائياً لكي يحرر 36.12×10^{21} جزيئة من الهيدروجين والاوكسجين على قطبي الخلية ؟ ج / 1A

الاجابة : تحويل الزمن من ساعة الى ثواني ثم نكتب معادلة تحلل الماء كهربائياً

$$t(s)=2(hr)\times\frac{3600s}{1hr}+520s\Rightarrow 7200+520s=7720(s)$$

$$\begin{pmatrix} 2H_2O\rightarrow & 2H_{2(g)} & +O_{2(g)} \\ 36.12\times10^{21} & 2X & X \end{pmatrix}\Rightarrow \boxed{\begin{matrix}36.12\times10^{21}=2X+X\\ 36.12\times10^{21}=3X\end{matrix}}$$

$$X=\frac{\overset{12.04}{36.12}\times10^{21}}{3}=12.04\times10^{21}atoms$$

0 1320.6 mol × N_A عدد الجزيئات 23

$$12.04\times10^{21}atoms=n\times6.023\times10^{23}\Rightarrow n=\frac{12.04\times10^{21}atoms}{6.023\times10^{23}}=0.02mole$$

$$2H_2O\rightarrow O_2+4H^{+}+4e^{-}$$

$$1mol \qquad 4mol.e^{-}$$

وحسب تفاعل خلية التحليل الكهربائي للماء نلاحظ ان كل $4mol.e^{-}$ تحرر 1mole من الاوكسجين فعدد $mol.e^{-}$ تساوي

$$Q(mol.e^{-})=n(mol)\times\frac{Q_{e^-}}{1mol}\Rightarrow Q(mol.e^{-})=0.02(mol)\times\frac{4mol.e^{-}}{1mol}$$

$$Q(mol.e^{-})=0.08(mol.e^{-})$$

$$Q(mol.e^{-})=\frac{I(A)\times t(s)}{96500C/(mol.e^{-})}\Rightarrow 0.08(mol.e^{-})=\frac{IA\times7720}{96500}$$

$$IA=\frac{0.08\times96500}{7720}\Rightarrow IA=\frac{7720}{7720}=1(A)$$

س(4-35) اراد احد الصاغة طلاء خاتم بالذهب فأمرر تيار شدته 10A في خلية الطلاء الكهربائي تحتوي على احد املاح الذهب فترسب الذهب على خاتم ، لوحظ انه خلال 9.65s ان 75% من الكهربائية قد استهلك لترسيب الذهب فما كتلة الذهب المترسب ؟ الكتلة الذرية للذهب 197 ج / 0.05g

الاجابة:- نحسب الكمية الكهربائية الكلية المار في الخلية Q

$$0.05gQ=\frac{IA\times t_S}{96500C/mol.e^{-}}\Rightarrow Q=\frac{10A\times9.65_S}{96500C/mol.e^{-}}$$

$$Q=\frac{96.5}{96500}=0.001(mol.e^{-})\Rightarrow \%=\frac{X}{Q_T}\times100\%\Rightarrow 0.75=\frac{X}{0.001}\times100$$

$$\Rightarrow 0.75\times10^{-3}=X100\Rightarrow X=\frac{0.75\times10^{-3}}{100}\Rightarrow X=0.75\times10^{-5}mol.e^{-}$$

الكمية الكهربائية اللازمة لترسيب الذهب

$$Au^{3+}_{(aq)}+3e^{-}\rightarrow Au\downarrow$$

$$3mol.e^{-} \qquad 1mol$$

من تفاعل الاختزال الذهب نجد ان $3mol.e^-$ ترسب $1mole$ من الذهب فان عدد المولات تساوي

$$n(mol)=Q\times\frac{1mol}{Q_{e^-}}\Rightarrow n(mol)=7.5\times10^{-4}\,(mol.e^-)\times\frac{1mol}{3mol.e^-}$$

$$n(mol)=\frac{7.5\times10^{-4}mol}{3}=2.5\times10^{-4}(mol)$$

$$m(g)=n(mol)\times M(g/mol)\Rightarrow m(g)=2.5\times10^{-4}(mol)\times197(g/mol)$$

$$m(g)=492.5\times10^{-4}(g)\approx\Rightarrow m(g)=0.04925$$

$$m(g)\approx0.05(g)$$

س(4-36) عند امرار $0.2mol.e^-$ في محلول كبريتات النحاس وبعد ترسيب جميع النحاس تحرر $0.448L$ من الهيدروجين في STP .احسب كتلة النحاس المترسبة ؟ الكتلة الذرية للنحاس = 63 ج / 5.04g

الاجابة : من تفاعل اختزال الهيدروجين نجد ان $2mol.e^-$ تحرر 1mole من غاز الهيدروجين فان Q تساوي

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$
$$2mol.e^- \quad 1mol$$

$$Q=V(L)\times\frac{2mol.e^-}{22.4L}\Rightarrow Q=\frac{0.448^{0.02}\,L}{}\times\frac{2mol.e^-}{22.4^{1}\,L}$$

$$Q=0.02\times2mol.e^-=0.04$$

المستهلك Q– الكلية Q = المتبقي(Q)

$$Q=0.2-0.04=0.16(mol.e^-)$$

الكمية الكهربائية اللازمة لترسيب النحاس

ومن تفاعل اختزال النحاس نجد ان $2mol.e^-$ ترسب $1mole$ من النحاس فان عدد المولات تساوي :

$$\begin{pmatrix}Cu^{2+}_{(aq)}+ & 2e^- & \rightarrow Cu\downarrow\\ & 2mol.e^- & 1mol\end{pmatrix}\Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}n(mol)=Q\times\frac{1mol}{Q_{e^-}}\\ n(mol)=0.16\,mol.e^-\times\frac{1mol}{2\,mol.e^-}\end{array}}$$

$$n(mol)=0.08(mol)\Rightarrow m(g)=n(mol)\times M(g/mol)\Rightarrow m(g)=0.08\times63$$

$$m(g)=5.04(g)$$

س(4-37) احسب ثابت الاتزان للتفاعل الاتي ك $Sn_{(S)}+Pb^{2+}_{(aq)}\rightarrow Sn^{2+}_{(aq)}+Pb_{(S)}$ علماً ان جهود الاختزال القياسية $E^0_{Pb^{2+}/Pb}=-0.13(V)$ و $E^0_{Sn^{2+}/Sn}=-0.14(V)$

علماً ان $\log2.16=0.334$ ج / 2.16

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود والكاثود

$$Sn_{(S)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- E^0_{anode} = +0.14(V)$$
$$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(S)} E^0_{Cathode} = -0.13(V)$$
$$Sn_{(S)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} Pb_{(S)} E^0_{Cell} = 0.01(V)$$
$$E^0_{Cell} = \frac{0.026}{n} InK_{eq} \Rightarrow 0.01(V) = \frac{0.026}{2} InK_{eq}$$
$$0.01(V) = 0.013 InK_{eq} \Rightarrow InK_{eq} = \frac{0.01}{0.013} = 0.77 \Rightarrow 2.3\log K_{eq} = 0.77$$
$$\log K_{eq} = \frac{0.77}{2.3} \Rightarrow \log K_{eq} = 0.334 \Rightarrow \frac{\log}{\log} K_{eq} = \log^- 0.334 \Rightarrow K_{eq} = 2.16$$

س(4-38) في خلية تحليل الماء كهربائياً في STP تم امرار تيار كهربائي فيها لمدة 3 دقائق 13 ثانية، فتحرر غازي الهيدروجين والاوكسجين عند قطبي الخلية ، وكان مجموع حجمي الغازين المتحررين يساوي 0.0672L اكتب معادلتي نصفي الخلية والتفاعل العام لها ،ثم جد حجم كل غاز متحرر وشدة التيار المار . ج / 2A

الاجابة:-

ومن تحويل الحجم الى عدد المولات عند الظروف القياسية والحجم عند مول واحد يساوي 22.4L

نكتب تفاعلات نصفي الخلية التحلل الكهربائي للماء عند الانود والكاثود

$$2A2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+_{(aq)} + 4e^- anode$$ تفاعل تأكسد
$$4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_{2(g)} Cathode$$ تفاعل اختزال
$$2H_2O \rightarrow O_{2(g)} + 2H_{2(g)}$$
$$2H_2O = X + 2X \Rightarrow 0.0672L \Rightarrow 0.0672L = 3X$$
$$X = \frac{0.0672L}{3} = 0.0224(L) \Rightarrow X = 2 \times 0.0224L \Rightarrow X = 0.0448L$$ حجم الهيدروجين
$$n = V(L) \times \frac{1mol}{22.4L} \Rightarrow n = 0.0224^{0.001}(L) \times \frac{1mol}{22.4L_1} \Rightarrow n = 0.001(mole)$$

ومن تفاعل تحرر غاز الاوكسجين نجد ان $4mol.e^-$ تحرر 1mole من غاز الاوكسجين فان العدد مولات تساوي:

$$n = Q \times \frac{1mol}{4mol.e^-} \Rightarrow 0.001 = Q \times \frac{1mol}{4mol.e^-} \Rightarrow Q = 0.001 \times 4mol.e^- = 0.0044mol.e^-$$

تم نجد التيار الكهربائي من

$$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow 0.004 = \frac{I(A) \times (3 + 60 + 13)(s)}{96500}$$
$$0.004 = \frac{I(A) \times 193(s)}{96500} \Rightarrow 0.004 \times 96500 = I(A) \times 193(s) \Rightarrow I(A) = \frac{386}{193} = 2(A)$$

س(4-39) خفف محلول قطب الكاثود لخلية دانيال القياسي بالماء المقطر فأنخفض جهد القطب بمقدار $0.0592(V)$ عن جهده القياسي، أحسب تركيز ايونات القطب حينئذ. ج / 0.01M

الاجابة:- من تفاعل اختزال النحاس نجد ان $2mol.e^-$ ترسب 1mol من النحاس

$$\begin{pmatrix} Cu^{2+}{}_{aq} & +2e^- & \to & Cu \\ X & 2mol.e^- & & 1mol \end{pmatrix} \Rightarrow E = E^0 - \frac{0.026}{2} In\frac{1}{X}$$

$$E - E^0 = -0.013 In\frac{1}{X} \Rightarrow -0.0592(V) = 0.013 In\frac{1}{X}$$

$$In\frac{1}{X} = \frac{-0.0592}{-0.013} \Rightarrow In\frac{1}{X} = 4.6 \Rightarrow \frac{In}{e^X}\frac{1}{X} = e^{4.6} \Rightarrow \frac{1}{X} = 100 \Rightarrow$$

$$X = \frac{1}{100} \Rightarrow \boxed{[Cu^{2+}] = 0.01 mole / L}$$

س(4-40) اذا علمت ان جهود الاختزال القياسي $E^0{}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76(V)$ و $E^0{}_{Ag^{1+}/Ag} = 0.8(V)$

اجب عن ما يلي ك(1) ماذا تتوقع اذا عملت خلية فولتائية تحتوي على لوحي من الخارصين والفضة في محاليل من الكتروليتاتهم تركيز كل منهما $1M$، اي من اللوحين تقل كتلته وأي منه سوف تزداد كتلته ولماذا؟
(2) ما قيمة الطاقة الحرة الخلية فولتائية متكونة من قطب الخارصين القياسي وقطب الفضة في محلول من ايونات لفضة تركيزه $0.1M$ ج /. 1- لوح الخارصين تقل كتلته ولوح الفضة تزداد كتلته(2) $-289500J$

الاجابة:- نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الانود(تأكسد) والكاثود (الاختزال)

$$Zn_{(s)} \to Zn^{2+}{}_{(aq)} + \cancel{2e^-} \quad E^0{}_{anode} = +0.76V$$

$$2Ag^{1+} + \cancel{2e^-} \to Ag_{(s)} \quad E^0{}_{Cathode} = 0.8V$$

$$Zn_{(s)} + 2Ag^{1+} \to Zn^{2+}{}_{(aq)} + Ag_{(s)} \quad E^0{}_{Cell} = 1.56(V)$$

نلاحظ ان كتلة لوح الخارصين تقل لأنها تذوب عند الانود
نلاحظ ان كتلة لوح الفضة تزداد لأنها تترسب عند الكاثود
ومن التفاعل العام للخلية نجد جهد الخلية القياسي ومنه نجد جهد الخلية غير قياسي من

$$E_{Cell} = E^0{}_{Cell} - \frac{0.026}{n} In\frac{[Zn^{2+}]}{[Ag^+]^2} \Rightarrow E_{Cell} = 1.56V - \frac{0.026}{2} In\frac{1}{(0.1)^2}$$

$$E_{Cell} = 1.56V - 0.013 In\frac{1}{0.01} \Rightarrow E_{Cell} = 1.56V - 0.013 In100$$

$$E_{Cell} = 1.56V - 0.013 \times 4.6 \Rightarrow E_{Cell} = 1.56V - 0.0598 \Rightarrow \boxed{E_{Cell} = 1.5(V)}$$

$$\Delta G = -nFE \Rightarrow \Delta G = -2 \times 96500 \times 1.5 \Rightarrow \Delta G = -193000 \times 1.5 \Rightarrow \Delta G = -289500J$$

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود
A. M. Z

تمت بعونه تعالى

للمزيد من الملازم والدروس وكل ما يخص طلبة السادس الأعدادي زورونا على مواقع التواصل الأجتماعي ...

رحلة التفوق في السادس

رحلة التفوق في السادس

telegram.me/A_M_Z_F

رحلة التفوق في السادس

www.instagram.com/rt_edu

رحلة التفوق في السادس

عطاء بلا حدود

ا.د مينا الاحمد

ا.د اشرف الوائلي